单相电动机绕组修理与接线图集

金续曾　陆魁玉 编著

北京科学技术出版社

责任编辑：李可亮
版式设计：芦　雨
封面设计：吴　晟

新书预告

- 单相电动机绕组修理与接线图集
- 康佳新彩霸彩色电视机电路原理与检修实例
- 康佳彩色电视机集成电路精解与维修数据
- 康佳福临门彩色电视机电路原理与检修实例
- 国内外大屏幕彩色电视机检修实例
- 401种21英寸遥控彩电电源电路与检修实例

若当地书店已售缺，请径向北京科学技术出版社发行部（100035 北京西直门南大街16号，电话 010-66161952）或湖南衡阳市电子科技图书有限公司发行部、邮购部（421001 衡阳市108邮政信箱，电话：0731-4434910 0734-8712385）联系批发、邮购。

※本书均有激光防伪标志　无防伪标志者属盗版图书※

ISBN 7-5304-2301-0
9 787530 423011 >

ISBN7-5304-2301-0/T · 459
定价：28.60元

单相电动机绕组修理与接线图集

金续曾　陆魁玉 编著

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书全面、详细地介绍了洗衣机、电风扇、空调器、电冰箱、电吹风等家用电器和电锤、电钻、电刨、电剪、电锯等小型电动工具，以及医疗器械、办公自动化设备等各类单相电动机定子绕组、电枢绕组的类型、故障、检查、修理、接线、重绕和试验等。叙述中条理清晰、深入浅出；图文并茂、重在实际。在每章内容后面均附有提示重点的习题，以利于读者及时掌握学习要点。书中附有各章习题答案和200余幅各类单相电动机定、转子绕组彩色、黑白接线图、布置图的图集；以及20多个系列单相电动机的铁心和绕组技术数据，供读者使用中查阅。该书是一本内容丰富、资料翔实；文字精炼、先进实用的单相电动机修理用书。

本书紧密联系实际，条理清楚，图文并茂，可供广大电机、电器修理和维护人员、职业中专、技校有关师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

单相电动机绕组修理与接线图集/金续曾，陆魁玉 编著. －北京：北京科学技术出版社，1999.9

ISBN 7－5304－2301－0

Ⅰ.单… Ⅱ.①金…②陆… Ⅲ.①单相异步电动机－绕组－修理 ②单相异步电动机－线路－图集 Ⅳ.TM343

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第19681号

＊本书均有激光防伪标志，无防伪标志者属盗版图书。

＊未经本书作者同意，任何人不得抄袭、剽窃、摘录该书全部或部分内容，如有违反者应负法律责任。

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街16号)

邮政编码：100035

全国各地书店经销

核工业306印刷厂印刷

雁腾创作室

＊

787×1092毫米 16开本 18.5印张 459千字

1999年9月第一版 1999年9月第一次印刷

印数1－10000册

定价：28.60元

前　言

单相电动机在工农业生产及人们日常生活中均有着极其广泛的用途。特别是近年来，洗衣机、电风扇、空调器、电冰箱、电吹风等家用电器和电锤、电钻、电剪、电锯等小型电动工具以及医疗器械、办公自动化设备的迅速发展和普及，使驱动这些电器和设备的单相电动机使用量、修理量也与日俱增。由于绕组是电动机所有结构部件中最薄弱之处，故其损坏率最高。据统计，在电动机的修理总量中绕组修理量要占60%～70%。因此，单相电动机绕组修理将日益成为人们生产、生活中的难点。为适应这一形势的需要特编写此书，以飨读者。

本书全面、详尽地介绍了各类单相电动机定子绕组、电枢绕组的类型、故障、检查、修理、接线、重绕和试验等内容。叙述中条理清晰、图文并茂、深入浅出、重在实际。在每章后面均附有该章重点的习题，以利读者及时掌握学习要点。书后则附有各章的习题答案。

书中精心绘制有200余幅各类单相电动机定、转子绕组彩色、黑白接线图的图集，以及20多个系列单相电动机的铁心和绕组技术数据，供读者查阅。这是一部内容丰富、资料翔实、文字精练、先进实用的电动机修理用书。

作　者

1999年3月于长沙

目　录

第 1 章　电工基础知识…… (1)
第 1 节　电…… (1)
第 2 节　磁…… (2)
第 3 节　电磁…… (4)
第 4 节　电磁感应…… (7)
第 5 节　单相及三相交流电…… (8)
第 2 章　单相电动机的工作原理、结构与类型…… (12)
第 1 节　单相异步电动机的工作原理 …… (12)
第 2 节　单相同步电动机的工作原理 …… (15)
第 3 节　单相异步电动机的结构 …… (19)
第 4 节　单相同步电动机的结构 …… (22)
第 5 节　单相电动机的类型 …… (25)
第 6 节　单相电动机的铭牌数据 …… (32)
第 3 章　单相电动机的起动、应用及选择…… (35)
第 1 节　单相罩极式电动机的起动与运转 …… (35)
第 2 节　单相电阻分相式电动机的起动与运转 …… (37)
第 3 节　单相电容式电动机的起动与运转 …… (38)
第 4 节　单相同步电动机的起动与运转 …… (41)
第 5 节　单相电动机的特性、应用及选择…… (42)
第 4 章　单相电动机的绕组及其联接 …… (45)
第 1 节　绕组的基本概念及名词含义 …… (45)
第 2 节　单相电动机绕组的类型 …… (48)
第 3 节　单相电动机绕组的联接 …… (55)
第 4 节　电风扇、空调器、洗衣机、电冰箱用单相异步电动机的绕组及其联接…… (67)
第 5 节　三相异步电动机单相运行的联接 …… (70)
第 5 章　单相电动机的调速与反转 …… (74)
第 1 节　单相电动机的调速方法 …… (74)
第 2 节　绕组抽头调速接法的性能对比 …… (78)
第 3 节　其它几种调速方法 …… (78)
第 4 节　单相电动机的反转方法 …… (80)
第 6 章　单相电动机绕组与起动装置的故障与检修 …… (83)
第 1 节　定子绕组的故障及修理 …… (83)
第 2 节　笼型转子绕组的故障及修理 …… (87)

第 3 节　起动装置的故障及修理 …… (88)
第 7 章　单相串励电动机绕组及其修理 …… (94)
第 1 节　单相串励电动机的工作原理 …… (94)
第 2 节　单相串励电动机的结构 …… (96)
第 3 节　单相串励电动机的型号及铭牌数据 …… (99)
第 4 节　单相串励电动机的电枢绕组及其联接 …… (101)
第 5 节　单相串励电动机励磁绕组及整机联接 …… (103)
第 6 节　单相串励电动机励电枢绕组的故障及修理 …… (106)
第 8 章　单相电动机重换绕组的修理 …… (118)
第 1 节　分布式定子绕组的重绕工艺 …… (118)
第 2 节　集中式定子绕组的重绕工艺 …… (128)
第 3 节　单相串励电动机电枢绕组重绕工艺 …… (130)
第 9 章　单相电动机修复后的必要试验 …… (144)
第 1 节　外观检查 …… (144)
第 2 节　绝缘电阻测量 …… (144)
第 3 节　直流电阻测量 …… (144)
第 4 节　绝缘耐压试验 …… (145)
第 5 节　空载试验 …… (145)
第 6 节　旋转方向的检查 …… (145)
第 7 节　电容器的检查 …… (146)
第 8 节　起动装置的检查 …… (146)
第 9 节　单相串励电动机换向装置的检查 …… (147)
第 10 章　各章习题解答 …… (148)
第 1 节　电工基础知识 …… (148)
第 2 节　单相电动机的工作原理、结构与类型 …… (150)
第 3 节　单相电动机的起动、应用及选择 …… (151)
第 4 节　单相电动机的绕组及其联接 …… (152)
第 5 节　单相电动机的调速与反转 …… (154)
第 6 节　单相电动机绕组与起动装置的故障与检修 …… (155)
第 7 节　单相串励电动机绕组及其修理 …… (156)
第 8 节　单相电动机重换绕组的修理 …… (158)
第 9 节　单相电动机修复后的必要试验 …… (159)
第 11 章　各系列单相异步电动机技术数据 …… (161)
表 11－1　JX 老系列单相电容运转异步电动机技术数据 …… (161)
表 11－2　JY 老系列单相电容起动异步电动机技术数据 …… (162)
表 11－3　JZ 老系列单相电阻起动异步电动机技术数据 …… (162)
表 11－4　JX 新系列单相电容运转异步电动机技术数据 …… (163)
表 11－5　JY 新系列单相电容起动异步电动机技术数据 …… (163)
表 11－6　JZ 新系列单相电阻起动异步电动机技术数据 …… (163)

表 11－7　BO 系列单相电阻起动异步电动机技术数据 …… (164)
表 11－8　CO 系列单相电容起动异步电动机技术数据 …… (164)
表 11－9　DO 系列单相电容运转异步电动机技术数据 …… (165)
表 11－10　BO_2 系列单相电阻起动异步电动机技术数据 …… (165)
表 11－11　CO_2 系列单相电容起动异步电动机技术数据 …… (166)
表 11－12　DO_2 系列单相电容运转异步电动机技术数据 …… (166)
表 11－13　YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据 …… (167)
表 11－14　G 系列单相-串励电动机技术数据 …… (167)
表 11－15　G 型单相串励电动机技术数据 …… (168)
表 11－16　U 型单相串励电动机技术数据 …… (169)
表 11－17　SU 型交直流两用单相串励电动机技术数据 …… (169)
表 11－18　JIZ 型单相电钻串励电动机技术数据(老系列) …… (169)
表 11－19　DT 系列电动工具用单相串励电动机技术数据 …… (170)
表 11－20　电动工具用单相交、直流两用串励电动机技术数据 …… (170)
表 11－21　电动工具用单相串励电动机技术数据 …… (171)
表 11－22　电风扇、排气扇用单相电容起动电动机技术数据 …… (172)
表 11－23　电风扇调速用电抗器技术数据 …… (174)
表 11－24　电风扇用单相罩极异步电动机技术数据 …… (174)
表 11－25　轴流扇、转页扇用单相异步电动机技术数据 …… (175)
表 11－26　XDC、JXX、XD 型洗衣机用单相异步电动机技术数据 …… (175)
表 11－27　XDL、XDS 型洗衣机用单相电容电动机技术数据 …… (176)
表 11－28　YYKF 型空调器风扇单相电容运转电动机技术数据 …… (176)
表 11－29　电动剃须刀直流串励电动机技术数据 …… (177)
表 11－30　吸尘器用单相串励电动机技术数据 …… (177)
表 11－31　家用电动缝纫机用单相串励电动机技术数据 …… (178)
表 11－32　电吹风用电动机及电热元件技术数据 …… (178)
表 11－33　国产压缩机用单相电阻起动异步电动机技术数据(1) …… (179)
表 11－34　国产压缩机用单相电阻起动异步电动机技术数据(2) …… (179)
表 11－35　部分进口电冰箱用压缩机单相电动机技术数据 …… (180)
表 11－36　单相罩极式电动吹风机技术数据 …… (180)
表 11－37　圆电磁线常用数据 …… (182)
表 11－38　常用电磁线的选用表 …… (183)
表 11－39　漆包圆铜线常用数据 …… (184)
表 11－40　常用电动机引出线的型号和主要用途 …… (186)
表 11－41　电机引出线截面积数据表 …… (186)
表 11－42　常用有溶剂绝缘浸渍漆型号、特性及用途 …… (186)
表 11－43　常用无溶剂浸渍绝缘漆型号、特性及用途 …… (187)
表 11－44　薄膜复合材料的型号、规格及用途 …… (188)
表 11－45　各种电刷的技术特性及工作条件 …… (188)

表 11－46　电机轴承最大磨损允许值 …… (189)
表 11－47　电动机振动允许值 …… (189)
表 11－48　滚动轴承润滑油的选择 …… (189)
第 12 章　单相电动机绕组接线图集 …… (190)
第 1 节　单相电动机绕组接线原理图 …… (190)
图 12－1　4 极分相式绕组排列图 …… (190)
图 12－2　4 极分相式绕组接线原理图 …… (190)
图 12－3　4 极电容起动式绕组接线原理图 …… (190)
图 12－4　电容运转式绕组接线原理图 …… (190)
图 12－5　电容起动运转式绕组接线原理图 …… (191)
图 12－6　电容变压器式绕组接线原理图 …… (191)
图 12－7　4 极集中罩极式绕组接线原理图 …… (191)
图 12－8　4 极分布罩极式绕组接线原理图 …… (191)
图 12－9　互换起动绕组的两根线端即可改变旋转方向 …… (191)
图 12－10　4 极 12 槽可逆转罩极式绕组布置图 …… (191)
图 12－11　4 极可逆转罩极式绕组接线原理图 …… (191)
图 12－12　2 极整流子式绕组接线原理图 …… (192)
图 12－13　2 极整流子式电枢绕组串接在两磁极绕组之间的接法 …… (192)
图 12－14　单相电动机绕组原理接线图 …… (192)
第 2 节　单相电动机定子绕组常用接线展开图 …… (193)
图 12－15　2 极 12 槽单相同心式绕组接线展开图 …… (193)
图 12－16　2 极 16 槽单相同心绕组接线展开图(1) …… (193)
图 12－17　2 极 16 槽单相同心绕组接线展开图(2) …… (193)
图 12－18　2 极 12 槽单相双层叠绕组接线展开图 …… (193)
图 12－19　2 极 24 槽单相同心绕组接线展开图 …… (194)
图 12－20　2 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(1) …… (194)
图 12－21　2 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(2) …… (195)
图 12－22　2 极 24 槽单相单层链式绕组接线展开图(1) …… (195)
图 12－23　2 极 24 槽单相单层链式绕组接件展开图(2) …… (196)
图 12－24　4 极 8 槽单相双层叠绕组接线展开图 …… (196)
图 12－25　4 极 16 槽单相双层叠绕组接线展开图 …… (196)
图 12－26　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(1) …… (197)
图 12－27　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(2) …… (197)
图 12－28　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(3) …… (198)
图 12－29　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(4) …… (198)
图 12－30　4 极 24 槽单相单层链式绕组接线展开图 …… (199)
图 12－31　4 极 24 槽单相单层交叉式绕组接线展开图 …… (199)
图 12－32　4 极 24 槽单相同心绕组庶极接法接线展开图 …… (200)
图 12－33　4 极 32 槽单相同心绕组接线展开图 …… (200)

图 12－34　4 极 36 槽单相同心绕组接线展开图 …… (201)
图 12－35　14 极 28 槽单相双层叠绕组接线展开图(用于吊扇电动机)…… (201)
图 12－36　16 极 32 槽单相双层叠绕组接线展开图(用于吊扇电动机)…… (202)
图 12－37　18 极 36 槽单相双层叠绕组接线展开图(用于吊扇电动机)…… (202)
图 12－38　JX07A－2　90W 绕组接线展开图 …… (203)
图 12－39　JX07B－2　60W 绕组接线展开图 …… (203)
图 12－40　JX07A－4　60W 绕组接线展开图 …… (204)
图 12－41　JX07B－4　40W 绕组接线展开图 …… (204)
图 12－42　2 极 12 槽正弦绕组接线展开图 …… (205)
图 12－43　2 极 16 槽正弦绕组接线展开图 …… (205)
图 12－44　2 极正弦绕组接线原理图…… (205)
图 12－45　2 极 24 槽正弦绕组接线展开图(1)…… (205)
图 12－46　2 极 24 槽正弦绕组接线展开图(2)…… (205)
图 12－47　2 极 24 槽电容起动单层链式绕组展开图 …… (206)
图 12－48　2 极 24 槽电容运转单层链式绕组展开图 …… (206)
图 12－49　2 极链式绕组接线原理图…… (206)
图 12－50　2 极 24 槽正弦绕组接线展开图 …… (206)
图 12－51　4 极 24 槽同心式绕组接线展开图 …… (206)
图 12－52　4 极 24 槽正弦绕组接线展开图(1)…… (207)
图 12－53　4 极 24 槽正弦绕组接线展开图(2)…… (207)
图 12－54　4 极电动机绕组接线原理图…… (207)
图 12－55　4 极 36 槽正弦绕组接线展开原理图 …… (207)
图 12－56　4 极 32 槽同心式绕组接线展开原理图 …… (208)
图 12－57　4 极 24 槽电容起动单层链式绕组展开图 …… (208)
图 12－58　4 极 24 槽电容运转单层交叉式绕组展开图 …… (208)
图 12－59　4 极 8 槽座扇定子绕组接线展开图…… (209)
图 12－60　4 极 16 槽座扇定子绕组接线展开图 …… (209)
图 12－61　14 极 28 槽吊扇定子绕组接线展开、原理图 …… (209)
图 12－62　16 极 32 槽吊扇定子绕组接线展开、原理图 …… (210)
图 12－63　18 极 36 槽吊扇定子绕组接线展开、原理图 …… (210)
第 3 节　JZ、JY、JX 老系列单相异步电动机绕组布置图 …… (211)
图 12－64　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(1)…… (211)
图 12－65　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(2)…… (211)
图 12－66　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(3)…… (212)
图 12－67　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(4)…… (212)
图 12－68　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(5)…… (213)
图 12－69　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(6)…… (213)
图 12－70　JZ 系列单相电阻分相起动电动机绕组接线原理图 …… (213)
图 12－71　JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1) …… (214)

图 12－72　JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2) …… (214)
图 12－73　JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3) …… (215)
图 12－74　JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(4) …… (215)
图 12－75　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1) …… (216)
图 12－76　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2) …… (216)
图 12－77　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3) …… (217)
图 12－78　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4) …… (217)
图 12－79　JY 系列单相电容运转式电动机绕组接线原理图 …… (218)
图 12－80　JX 系列单相电容起动式电动机绕组接线原理图 …… (218)
第 4 节　JZ、JY、JX 新系列单相异步电动机绕组布置图 …… (218)
图 12－81　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(1)…… (218)
图 12－82　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2) …… (219)
图 12－83　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3) …… (219)
图 12－84　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(4)…… (220)
图 12－85　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(5)…… (220)
图 12－86　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(6)…… (221)
图 12－87　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(7)…… (221)
图 12－88　JZ 新系列单相电阻分相起动式电动机绕组接线原理图 …… (221)
图 12－89　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1) …… (222)
图 12－90　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2) …… (222)
图 12－91　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3) …… (223)
图 12－92　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组接线原理图 …… (223)
图 12－93　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1) …… (223)
图 12－94　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2) …… (224)
图 12－95　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3) …… (224)
图 12－96　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4) …… (225)
第 5 节　BO、CO、DO 系列单相异步电动机绕组布置图 …… (225)
图 12－97　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(1) …… (225)
图 12－98　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(2) …… (226)
图 12－99　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(3) …… (226)
图 12－100　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(4) …… (227)
图 12－101　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(5) …… (227)
图 12－102　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(6) …… (228)
图 12－103　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(7) …… (228)
图 12－104　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(8) …… (229)
图 12－105　BO 系列单相电阻分相起动异步电动机接线原理图 …… (229)
图 12－106　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1) …… (229)
图 12－107　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2) …… (230)
图 12－108　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3) …… (230)

图 12－109　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(4) …… (231)
图 12－110　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(5) …… (231)
图 12－111　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(6) …… (232)
图 12－112　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(7) …… (232)
图 12－113　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组接线原理图 …… (232)
图 12－114　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1) …… (233)
图 12－115　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2) …… (233)
图 12－116　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3) …… (234)
图 12－117　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4) …… (234)
图 12－118　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(5) …… (235)
图 12－119　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(6) …… (235)
第 6 节　BO_2、CO_2、DO_2 系列单相异步电动机绕组布置图 …… (236)
图 12－120　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(1) …… (236)
图 12－121　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(2) …… (236)
图 12－122　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(3) …… (237)
图 12－123　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(4) …… (237)
图 12－124　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(5) …… (238)
图 12－125　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(6) …… (238)
图 12－126　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(7) …… (239)
图 12－127　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(8) …… (239)
图 12－128　BO_2 系列单相电阻分相起动式异步电动机绕组接线原理图 …… (239)
图 12－129　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1) …… (240)
图 12－130　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2) …… (240)
图 12－131　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3) …… (241)
图 12－132　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(4) …… (241)
图 12－133　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(5) …… (242)
图 12－134　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(6) …… (242)
图 12－135　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组接线原理图 …… (242)
图 12－136　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1) …… (243)
图 12－137　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2) …… (243)
图 12－138　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3) …… (244)
图 12－139　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4) …… (244)
图 12－140　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(5) …… (245)
图 12－141　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(6) …… (245)
图 12－142　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(7) …… (246)
图 12－143　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(8) …… (246)
图 12－144　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(9) …… (247)

图 12－145　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(10) …… (247)
图 12－146　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(11) …… (248)
图 12－147　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(12) …… (248)
图 12－148　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(13) …… (249)
第 7 节　洗衣机用单相电动机绕组嵌置展开图…… (249)
图 12－149　洗衣机用单相电容运转电动机绕组接线原理图 …… (249)
图 12－150　JXX 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图 …… (249)
图 12－151　XDC 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图…… (250)
图 12－152　XD 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(1) …… (250)
图 12－153　XD 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(2) …… (251)
图 12－154　XD 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(3) …… (251)
图 12－155　XDL、XDS 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(1) …… (252)
图 12－156　XDL、XDS 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(2) …… (252)
图 12－157　QD 型单相电泵定子绕组嵌置方法展开图 …… (253)
第 8 节　国产压缩机电动机绕组嵌置方法展开图…… (253)
图 12－158　压缩机组用单相电阻分相起动电动机绕组接线原理图 …… (253)
图 12－159　LD 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图 …… (253)
图 12－160　QF 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图 …… (254)
图 12－161　FB 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图(1) …… (254)
图 12－162　FB 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图(2) …… (255)
图 12－163　QZD、LD 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图 …… (255)
图 12－164　FB 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图 …… (256)
图 12－165　QF 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图 …… (256)
第 9 节　进口电冰箱压缩机组单相电动机绕组嵌置图…… (257)
图 12－166　HQ 型进口电冰箱用压缩机组单相电动机绕组嵌置方法展开图 …… (257)
图 12－167　KL、JIXK 型进口电冰箱用压缩机组单相电动机绕组嵌置方法展开图 …… (257)
第 10 节　单相电动机调速、反转及控制线路图…… (258)
图 12－168　4 极 16 槽电抗器调速绕组接线展开图…… (258)
图 12－169　4 极 16 槽抽头法调速绕组接线展开图…… (258)
图 12－170　电抗器调速接线原理图 …… (258)
图 12－171　单相电容运转电动机电抗调速接线原理图 …… (258)
图 12－172　单相电容运转电动机电抗调速带指示灯接线原理图 …… (258)
图 12－173　单相电容运转电动机抽头法调速接线原理图 …… (259)
图 12－174　h 型调速接法接线原理图 …… (259)
图 12－175　串并联调速接法接线原理图 …… (259)
图 12－176　单相电容电动机自耦变压器调速接线原理图 …… (259)
图 12－177　罩极式电动机电抗调速接线原理图 …… (260)

图 12－178　罩极式电动机电抗调速带指示灯接线原理图 …… (260)
图 12－179　罩极式电动机抽头法调速接线原理图 …… (260)
图 12－180　电容运转式电动机正、反转接线原理图 …… (260)
图 12－181　频繁正、反转电容起动式电动机接线原理图 …… (260)
图 12－182a　具有强、中、弱洗功能的洗衣机电动机接线原理图 …… (260)
图 12－182b　洗衣机电动机接线原理图 …… (260)
图 12－183　脱水机电动机接线原理图 …… (260)
图 12－184　窗式空调器单相电气控制原理线路图 …… (261)
图 12－185　两速电动机接线原理图 …… (261)
图 12－186　三速电动机接线原理图 …… (261)
图 12－187　自动除霜电冰箱电气控制线路接线原理图 …… (261)
图 12－188　电容式吊扇电动机接线原理图 …… (261)
图 12－189　电容式吊扇电动机调速接线原理图 …… (261)
图 12－190　电容式台扇电动机电抗调速接线原理图 …… (262)
图 12－191　电容式台扇电动机抽头法调速接线原理图 …… (262)
图 12－192　串接电容调速三速电动机接线原理图 …… (262)
图 12－193　串接电容调速两速电动机接线原理图 …… (262)
图 12－194　星形接法小功率三相电动机改为单相运行时的接线图 …… (262)
图 12－195　角形接法小功率三相电动机改为单相运行时的接线图 …… (262)
图 12－196　电感、电容移相三相电动机改单相运行角形接法接线图 …… (263)
图 12－197　电感、电容移相三相电动机改单相运行星形接法接线图 …… (263)
图 12－198　开式星形电容移相三相改单相运行接线图 …… (263)
图 12－199　开式角形电容移相三相改单相运行接线图 …… (263)
第 11 节　单相串励电动机电枢绕组接线展开图 …… (263)
图 12－200　2 极 3 槽电枢绕组接线展开图 …… (264)
图 12－201　定子绕组与电枢绕组的两种联接 …… (264)
图 12－202　2 极 8 槽电枢绕组接线展开图 …… (264)
图 12－203　2 极 9 槽电枢绕组接线展开图 …… (265)
图 12－204　2 极 10 槽电枢绕组接线展开图(1) …… (265)
图 12－205　2 极 10 槽电枢绕组接线展开图(2) …… (266)
图 12－206　2 极 10 槽电枢绕组接线展开图(3) …… (266)
图 12－207　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(1) …… (267)
图 12－208　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(2) …… (267)
图 12－209　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(3) …… (268)
图 12－210　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(1－1)…… (268)
图 12－211　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(1－2)…… (269)
图 12－212　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(2－1)…… (269)
图 12－213　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(2－2)…… (270)
图 12－214　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－1)…… (270)

图 12－215　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－2)…… (271)
图 12－216　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－3)…… (271)
图 12－217　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－4)…… (272)
图 12－218　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(1) …… (272)
图 12－219　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(2) …… (273)
图 12－220　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(3) …… (273)
图 12－221　2 极 19 槽电枢绕组接线展开图(1) …… (274)
图 12－222　2 极 19 槽电枢绕组接线展开图(2) …… (274)
图 12－223　2 极 19 槽电枢绕组接线展开图(3) …… (275)
图 12－224　2 极 13 槽电枢绕组接线展开图(1) …… (275)
图 12－225　2 极 13 槽电枢绕组接线展开图(2) …… (276)
图 12－226　2 极 15 槽电枢绕组接线展开图…… (276)
图 12－227　2 极 16 槽电枢绕组接线展开图(1) …… (277)
图 12－228　2 极 16 槽电枢绕组接线展开图(2) …… (277)
图 12－229　2 极 22 槽电枢绕组接线展开图(1) …… (278)
图 12－230　2 极 22 槽电枢绕组接线展开图(2) …… (278)
图 12－231　2 极 16 槽电枢绕组接线展开图…… (279)
第 12 节　单相串励电动机绕组整机接线图 …… (279)
图 12－232　单相交直流两用串励式电动机绕组接线图 …… (279)
图 12－233　单相串励式电动机绕组接线原理图 …… (280)
图 12－234　电动工具用单相串励式电动机几种滤波电路的接线图 …… (280)

第 1 章　电工基础知识

第 1 节　电

在我们的日常生活中到处都用到电，如电风扇、空调器、洗衣机、电冰箱、电饭锅等，以及工农业生产中不可缺少的发电机、变压器、电动机等动力设备。随着国民经济的快速发展，用电的范围将愈来愈广，使用量也将愈来愈多。

虽然我们可以从许多现象中来证明电的存在，例如，把电接到电风扇里，电风扇就会转动起来扇风，把电接到洗衣机里，洗衣机就会转动起来洗净衣物等，但究竟什么是电，要说明它却不是太容易的事。当今世界上公认解释“电”最适当的学说，就是电子学说。

根据这个学说，平时我们所看到的物质是由许多叫做分子的微粒所组成。而分子又由原子组成，原子则由质子和电子组成。质子和电子都具有一定数量的电荷，通常，我们将质子所带的电称为正电荷，并用“+”来表示。电子所带电荷称为负电荷，并用“-”来表示。我们平常所看到的“电”现象，实际就是这些正、负电荷在一定条件下的表现。

一、电流

电荷的流动就叫做电流。电流的强弱是以每秒钟内通过多少电荷来计算的，

即：　　电流 = 电荷/时间

式中　电荷以库伦为单位来表示；

时间用秒来表示；

电流以安培为单位来表示，安培简称安。

二、电压

电位的差别和电源内部产生的电动势均为推动电流的力量，通常将电位差和电动势都叫做电压。电位差、电动势和电压均以伏特为单位来表示，伏特简称伏。

三、电阻

电流通过任何物质时，均须克服正、负电荷间吸力所产生的阻力，这种阻力就叫做电阻。电阻以欧姆为单位来表示，欧姆简称欧。

四、欧姆定律

联系电流、电压和电阻这三个实用单位关系的，称为欧姆定律。根据欧姆定律，电流的强弱与电压的高低成正比，而与电阻的大小成反比。电压、电流与电阻的关系可用下列简单公式来表示：

即　　$I = U/R$

电流 = 电压/电阻

式中　电流 I 用安来表示；

电压 U 用伏来表示；

电阻 R 用欧来表示。

根据电流、电压与电阻的关系，可以从两个已知的数量中求出另一个未知数量。因此欧

姆定律就有三种不同的表现形式：

（1）求电流：$I = U/R$

电流＝电压/电阻

（2）求电压：$U = IR$

电压＝电流×电阻

（3）求电阻：$R = U/I$

电阻＝电压/电流

图 1－1 所示的欧姆定律图解，可以帮助我们记忆上面的公式。运用时，把手指遮住要求的数值，剩下的就是运算的公式。

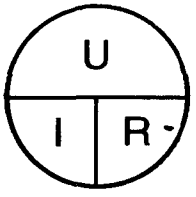


图 1－1 欧姆定律图解

例如我们要求电流，就将 I 遮住，剩下的就是 U/R，表示 $I = U/R$。假设要求电压，则可将 U 遮住，剩下的就是 IR，表示 $U = IR$。按同样的方法，也可以求得 $R = U/I$。

五、电功率

电源内推动电流的动力是电动势或电压，单位为伏特，电量的单位为库伦。如以有 1 伏特的电源将 1 库伦的电量，由正极推出回至负极，其所做的功称为 1 焦耳。

即　　电功（焦耳）＝电压（伏特）×电量（库伦）

因此，电功是指电压推动电量所做的功，当以 60 伏电压将 1 库伦电量推过其负荷时，就完成了 60 焦耳的功，而不论其所耗的时间为 1 秒钟或 1 天。

电功率则是电压在单位时间内做的功，通常以每秒钟做 1 焦耳功作为电功率的单位，称为 1 瓦特，简称瓦。

电功率的公式为：$P = U \times I$

电功率（瓦特）＝电压（伏特）×电流（安培）

式中　P——电功率（单位为瓦特）；

U——电压（单位为伏特）；

I——电流（单位是安培）。

实用中瓦特这一单位常感太小，所以常采用千瓦（kW）来作为电功率的单位。电功率是电机工程中一个很重要的单位，多数电机都是以电功率来表示它的容量。

第 2 节　磁

能够吸引铁屑或铁块的物体叫做磁铁，磁铁分天然磁铁和人造磁铁两种。天然磁铁是一种具有磁性的矿石，因其磁性较弱而在实用中已无多少用处。现在使用的磁铁均是磁力强大各式各样的人造磁铁。

人造磁铁又分为永久磁铁和暂时磁铁两种。永久磁铁是经磁化后能长期保留磁性的磁铁，一般多制成条形和马蹄形，如图 1－2 所示。暂时磁铁只有在被磁化时才具有磁性，而磁化停止后则磁性跟着消失。通常我们所说的磁铁，多指的是永久磁铁。

图 1－2 人造永久磁铁

一、磁铁的性质

磁铁均有以下两点特性。

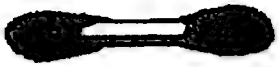


图 1－3　磁铁的两极

1．北极和南极

将一根条形或马蹄形磁铁移近一堆铁屑，它就会吸引很多铁屑。这时我们会发现，被吸引的铁屑大多集中在磁铁的两端，中段很少或完全没有，如图 1－3 所示。该现象说明磁铁的两端对铁屑的吸力最大，我们将这两端称为磁极。

当用细线将条形磁铁悬在空中，使它能在水平位置自由地转动，这时我们可以看到，磁铁转到一定的方向就会停止下来，磁铁的两极会有一极指南，而另一极则指北。我们把指南的一极称做磁铁的南极（或 S 极），指北的一极称做磁铁的北极（或 N 极）。指南针就是一小型的永久磁铁。

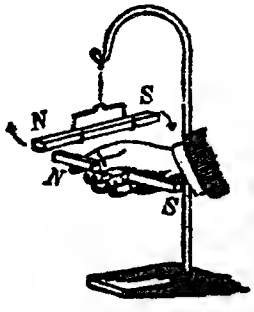


图 1－4　磁铁同极性相斥、异极性相吸

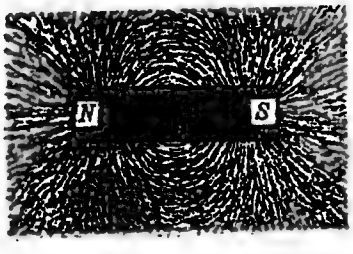
2．同性相斥、异性相吸

如果我们在磁铁指北的一极上写一个北字（或 N），指南的一极上写一个南字（或 S）。然后将另一根条形磁铁的北极移近上述悬空磁铁的北极，就可看到这两个北极互相推斥，使悬空磁铁旋转避开，如图 1－4 所示。

要是将另一根磁铁的南极移近悬空磁铁的南极，就可见到两个南极也互相推斥。但如果是一根磁铁的南极和另一根磁铁的北极则互相吸引。这就是磁铁同性相斥、异性相吸原理。

二、磁场与磁力线

如果在条形磁铁上放一块玻璃或纸板，再在玻璃或纸板上撒一些铁屑，这时我们看到，铁屑因磁铁吸力的影响而排成如图 1－5 所示的线条状。显



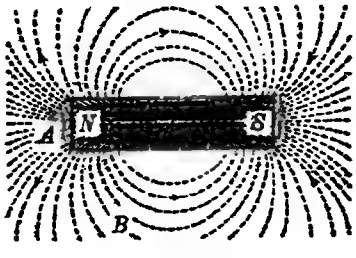


图 1－5　条形磁铁的磁场

然，铁屑并没有和磁铁接触，但是在磁铁周围的一定范围内，铁屑仍受到磁铁磁性的影响。受磁铁影响的范围叫做磁铁的磁场，铁屑排成的线条则叫做磁力线。

要是将一些指南针放在一磁铁的磁场内，我们就可以根据指南针的方向来确定磁场或磁力线的方向。如果图 1－6 所示，图中每一个圆圈内的小箭头均代表一个指南针，通常我们总是以箭头代表北

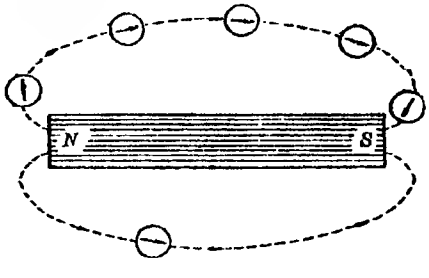


图 1－6　用指南针来确定磁力线的方向

极，箭尾代表南极。根据指南针所指的方向，我们规定磁力线的方向是由磁铁的北极出发，然后回到南极。

从图 1－7 中，我们可以更多地看到磁力线的一些特性。

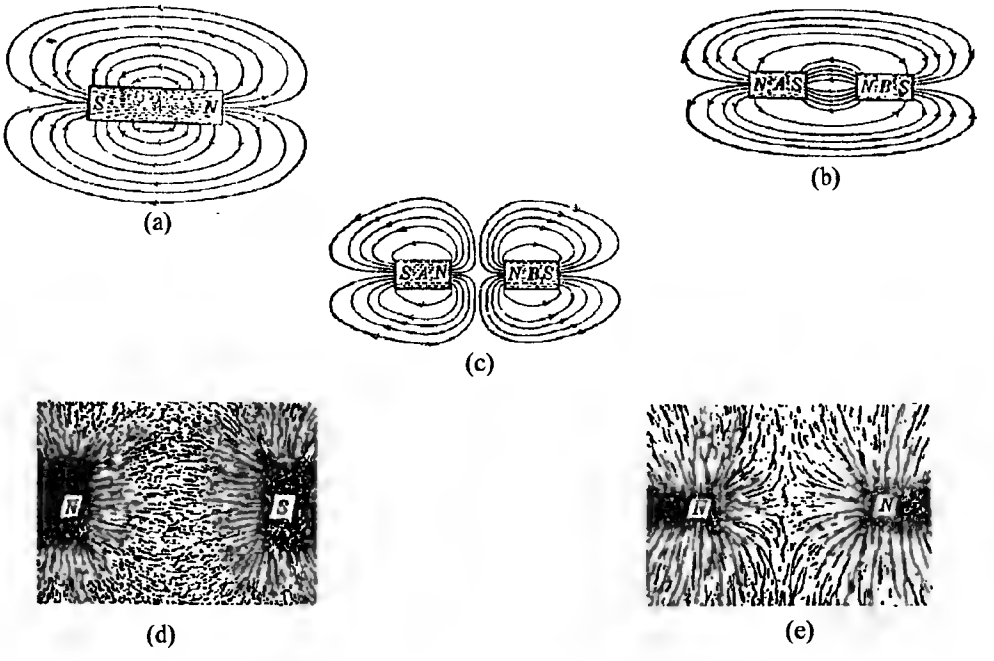


图 1－7　磁力线的特性

(1) 磁力线由磁铁的北极出发，而后回到本身的南极（图 1－7a），或进入邻近磁铁的南极（图 1－7b）。

(2) 在磁铁的内部，磁力线是由南极到北极的（图 1－7c）。

(3) 磁力线具有缩短长度的倾向，这就是异性相吸的原因（图 1－7d）。

(4) 磁力线具有互相向侧面排斥的倾向，这就是同性相斥的原因（图 1－7e）。

三、磁通与磁感应

图 1－8 表示两极间通过许多磁力线的情况。通过某垂直面积 S 的磁力线数叫做磁通，用希腊字母 Φ 来表示。磁通以韦伯为单位。

磁感应量（也叫磁感应强度）或磁通密度。它表示单位面积（与磁力线方向垂直）的磁通量的大小，用字母 B 来代表。我们常用每平方米的磁通来说明磁感应的大小，其单位叫做特拉斯。

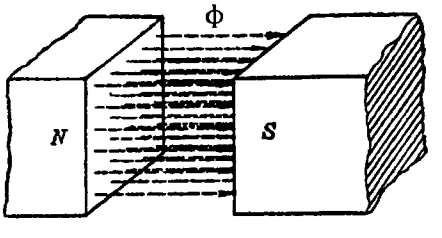


图 1－8　磁　通

第 3 节　电　磁

一、载流导线产生的磁场

当电流在导线中通过时，导线周围就将产生磁场。导线中电流方向改变时，其磁场方向也相应改

变。导线中通过的电流愈大，所产生的磁场也愈强。

如图 1－9 所示，我们将导线穿过一块纸板，并使电流通过这根导线，然后在纸板上撒上一些铁屑。这时我们可以发现，铁屑会极有规则地围住导线，形成许多同心圆环。如果将纸板上下移动，也不影响铁屑的排列，这说明整根导线周围都存在有磁场。

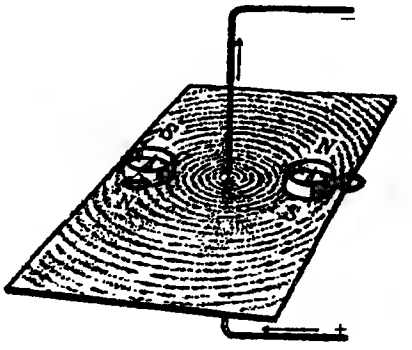


图 1－9　载流导线周围的磁场

二、单导线右手定则

单根载流导线所产生磁场的方向，可以用右螺旋法则来确定。具体方法是用右手握住导线，使大拇指伸直后所指方向为电流方向，这时其余四指弯曲后所指的方向即为磁力线方向，如图 1－10 所示。在实用中，常用清楚简便的截面图来表示电流和磁场的方向。如图 1－11 所示，导线中电流流出纸面用符号⊙表示，导线中电流流入纸面用符号⊗表示，载流导线周围的磁力线则用同心圈表示，同心圈上的箭头表示磁力线的方向。

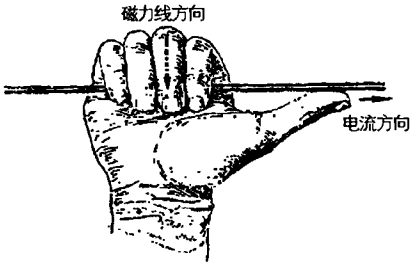


图 1－10　单导线的右手定则

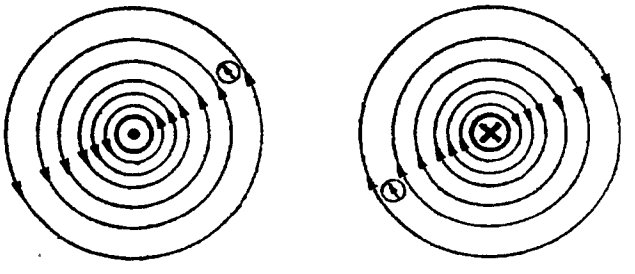


图 1－11　导线电流方向和磁力线方向

三、螺管线圈右手定则

当我们将载流导线绕成匝数很多的螺管线圈，这时由于线圈各线匝之间挨得很紧，因此线圈每匝的磁场就可以叠加起来，以而得到整个螺管线圈的磁场。

电流进入螺管线圈后，其磁场方向可以用螺管线圈右手定则来确定，具体方法如图 1－12 所示，将右手握住螺管线圈并伸直拇指，使其余的四指符合线圈的电流方向。这时，伸直的拇指所指方向就是磁力线方向，即为北极（N）。另一端为南极（S），图 1－13 所示为螺管线圈的磁场。

四、载流导线在磁场中产生电磁力

从上面我们已经知道载流导线的周围有磁场产生，该磁场还能使附近的指南针发生偏转。由此可知，载流导线也会因受到其它磁场的影响而被推动。如图 1－14 所示，在 U 字形磁铁两极的中间悬挂一根平直的导线，当导线中没有电流通过时，导线并不会有什么移动。但如果在导线中通入电流时，就会看到导线将产生移动，这就是因载流导线在磁场中产生电磁力的缘故，如果改变导线中通过的电流方向，则导线的移动方向也将相反。由此可以说明，磁场对载流导线所产生的电磁力是具有一定方向的。而所有电动机的运转原理，则都

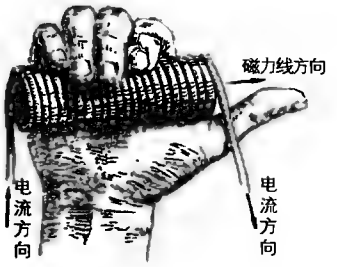


图 1－12　线圈的右手定则

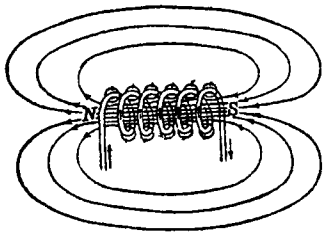


图 1－13　螺管线圈的磁场

是根据上述磁场与载流导线间的相互作用来达到的。

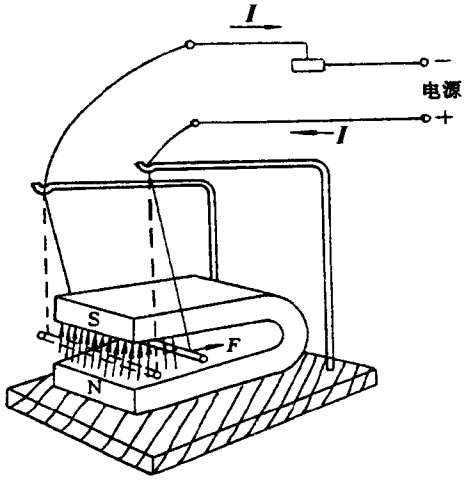


图 1－14　载流导线在磁场中产生电磁力

图 1－15 所示为电动机的运转原理，图中 a 表示电动机两极间原有的磁场，b 表示由载流导线产生的磁场，c 则表示两极磁场与载流导线磁场的合成磁场。从图中我们可以看到，由于在导线上方两磁场的方向相同，致使磁通密度增加。导线的下方则因两磁场的方向相反，所以合成磁场的磁性减弱。因为磁力线具有相互排斥和缩短长度的特性，从而产生将导线向下推动的电磁作用力。

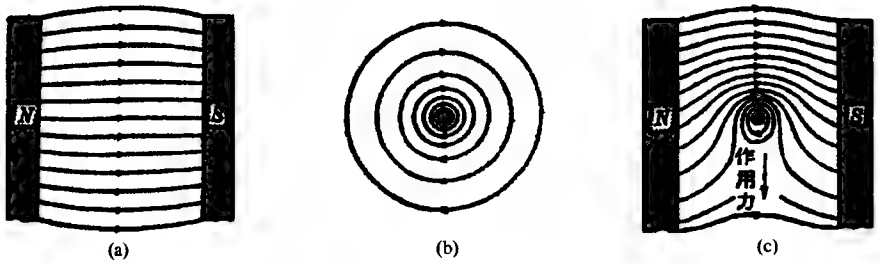


图 1－15　电动机作用的原理

五、电动机左手定则

磁场、载流导线、电磁作用力三者的方向，可以方便地用电动机左手定则来确定。如图1－16所示，平伸左手，使手掌向着磁力线方向，用四指对着电流方向，则平伸的拇指所指就是电磁作用力方向。电磁力 F_{em} 的大小为：

$$F_{em} = B\,l\,I$$

式中 B——磁场的磁感应强度（T）；

l——导线的有效长度（m）；

I——导线的电流（A）；

F_{em}——导线所受的电磁力（N）。

不过该式仅适用于磁力线方向、电流方向和导线所受力的方向三者相互垂直的情况，如果载流导线与磁场磁力线间的夹角为 θ 时，则

$$F_{cm} = B\,l\,I\,\sin\theta$$

电动机也就是根据载流导线在磁场中产生电磁力这一原理而制造的。

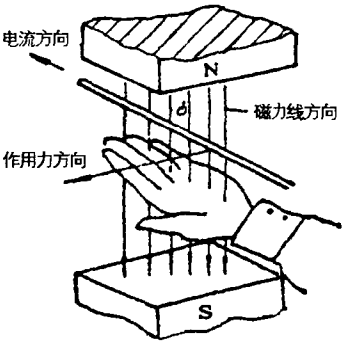


图 1－16　电动机左手定则

第 4 节　电磁感应

一、导线切割磁力线产生感应电动势

图 1－17 所示为用导线切割磁力线来产生感应电动势的方法。当图中导线在磁极间向下移动时，我们可以看到电流表的指针发生偏转（如向左）。使导线向上移动时，又可以看到电流表指针发生反方向的偏转（向右）。由此我们知道，当导线与磁力线发生相对运动、相互切割时，就会在导线中产生感应电动势。感应电动势方向则可以用发电机右手定则来确定。

二、发电机右手定则

导线切割磁力线产生感应电动势与三个方向有关，即：磁力线的方向；导线移动的方向；感应电动势的方向。这三个方向的关系可以用发电机右手定则来判定。如图 1－18 所示，平伸右手，拇指和其余四指垂直，使磁力线垂直穿过手掌。这时，拇指的方向表示导线的运动方向，其余四指的指向就是感应电动势的方向。

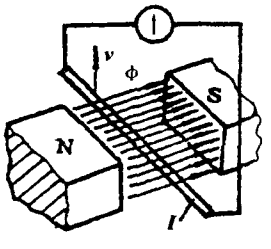


图 1－17　电磁感应现象示意图

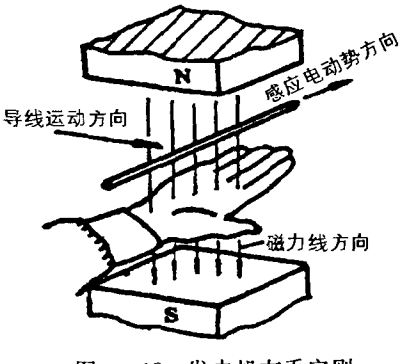


图 1－18　发电机右手定则

导线在均匀磁场中，沿着与磁力线垂直的方向运动时，所产生的感应电动势的大小，与导线的有效长度 l、磁通密度 B、导线的运动速度 v 成正比。即

$$e = B l v$$

式中 e——感应电动势（V）；

B——磁感应强度（T）；

l——导线有效长度（m）；

v——导线在垂直于磁力线的方向上运动的速度（m/s）。

如果导线运动方向与磁力线方向的夹角 α 为任意角度时，则

$$e = B l v \sin\alpha$$

如果将导线与外负载接成闭合回路，导线应会产生电流而输出电功率，发电机就是根据这一原理而制造的。

第 5 节　单相及三相交流电

一、单相交流电动势的产生

交流与直流电根本区别在于交流电的方向是不断改变的，而直流电的方向则是始终不变的。如图 1－19 所示，是用一根直导线在均匀磁场中作等速旋转产生的单相交变电动势。我们知道感应电动势的大小，是由磁场的感应量、导线的长度、导线切割磁力线的速度和角度来决定的；而导线切割磁场的方向（或磁场切割导线的方向），则决定感应电动势的方向。因此，当长度固定的导线在均匀磁场中以一定方向作等速旋转时，所产生的感应电动势就只和导线切割磁力线的角度有关。

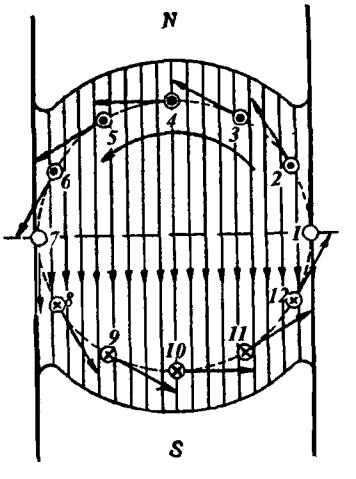


图 1－19　旋转导线所产生的交变电动势

从图 1－19 中我们可以看到，导线在位置 1 时，因导线运动的方向与磁力线平行，是沿着磁力线滑过去的，并未切割磁力线，因而不产生感应电动势。而导线在位置 2 时，导线切割了磁力线，不过角度很小，所以产生的感应电动势也很小。导线在位置 3 时，导线切割磁力线的斜度比较小，故产生的感应电动势就较大一些。当导线在位置 4 时，导线旋转到磁极中央，这时导线运动方向和磁力线垂直，因而产生的感应电动势为最大。经过位置 4 以后，导线切割磁力线的方向又逐渐倾斜，因此产生的感应电动势也逐渐减小。当到达位置 7 时，导线的感应电动势又减到零。

当导线经过位置 7 以后，便进入另一个磁极下。由于导线切割的磁力线的方向与前半转的方向相反，所以感应电动势的方向也随之相反。这时感应电动势将伴随导线切割磁力线的角度又逐渐增大，到达位置 10 时，产生反方向感应电动势的最大值。此后电动势又逐渐减小，当导线移动到原来的起始位置时，导线的感应电动势又减到零。至此，这根导线在两极磁场中旋转了一周，产生了一个感应电动势由零逐渐升到正的最高值，又下降到零；然后又逐渐升到负的最高值，又再降到零的交变电动势。

如果我们将导线在圆周上旋转的位置展开，用一根直线来表示导线在圆周上移动的位置，再在垂直的方向按比例画出导线在这些位置上所产生的感应电动势，并规定一个方向的电动势为正，相反方向的电动势为负。我们按照这些感应电动势的大小画出一条具有规律性变动的曲线，如图 1－20 所示。这一条起伏波动的曲线，叫做正弦曲线。

图 1－21 所示为一个最简单的发电机装置。图中表示，在两极磁场中有一个旋转的单匝线圈，线圈的两端分别联接两个彼此绝缘的铜环 R，铜环 R 上装有一对联接外电路的电刷 C。当线圈的一边 A 在 N 极切割磁力线时，另一边 B 同时在 S 极切割磁力线。根据发电机右手定则，我们可以知道线圈 A、B 两边感应电动势的方向总是相反的。这样，就可以在电刷上引出由交变电动势所推动的交变电流。因此，导线在两极间旋转一整圈，交变电动势（或交变电流）完成一次正、负变化，就叫做一周。

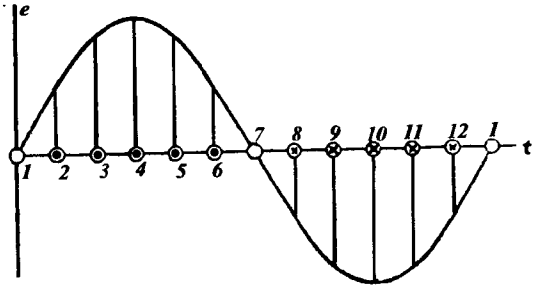


图 1－20　正弦曲线

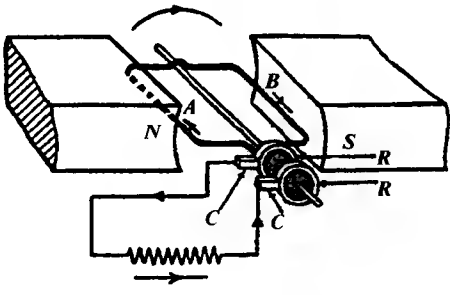


图 1－21　最简单的交流发电机

二、交变电流的频率

在单位时间（1 秒）内，交变电流变动的周数叫做交变电流的频率，常用字母 f 来代表，其单位为赫芝（简称赫）。在我国供电系统中，标准频率为每秒 50 周，也就是 50 赫芝。

三、交流发电机频率与转速的关系

上面所说的交变电动势，均由一对磁极的交流发电机产生，转子每旋转一圈，导线中就产生一周的交变电动势。这样，两极交流发电机必须每秒钟旋转 50 次，才能产生 50 赫芝的标准频率。

但在实际中都拿每分钟的转数来表示各种机械设备的转速，用字母 n 来代表。例如发电机的铭牌上写着 $n=1000$ 转，就表示转子每分钟旋转 1000 次。如果电机的转速是 n 转/分，那么每秒的转速应该是 $n/60$。因此，对于两极交流发电机来说，频率与转速的关系是：

$$f=n/60 \qquad 或 \qquad n=60f$$

如由两极交流发电机来产生每秒 50 周的标准频率，则发电机每分钟的转速应该是：

$$n=60f=60\times 50=3000 \text{ 转/分}$$

但是在四极（两对磁极）交流发电机中，转子每旋转半圈就可以产生一周，在另一个半圈中又可以产生一周，如图 1－22 所示。这样，转子每旋转一圈就可以产生两周。同理，在六极交流发电机中，转子每旋转一圈，可以产生三周。在多极交流发电机中，如以字母 p 来代表交流发电机磁极的对数，那么交变电流的频率应该是每秒钟转数的 p 倍，即：

$$f=p\times n/60$$

式中 f——频率；

p——磁极对数；

n——转数。

四、正弦波的图示法

前面谈到的交变电动势或交变电流，都是用一根水平方向的直线表示时间，再由这根线上引出垂直线的高度，以表示电压或电流的瞬时值。按此方法可以将交流电在一周内的变动都表示出来，如图 1－20 所示。实际上，正弦波电压或电流的变动，是连续起伏的波动，并没有确定的起点或终点。但为了便于说明正弦波变动的情形，通常都要选定一个起点。正弦波的起点与它由零值开始上升时所形成的角度称为初相角，或起始相位，如图 1－23 所示。

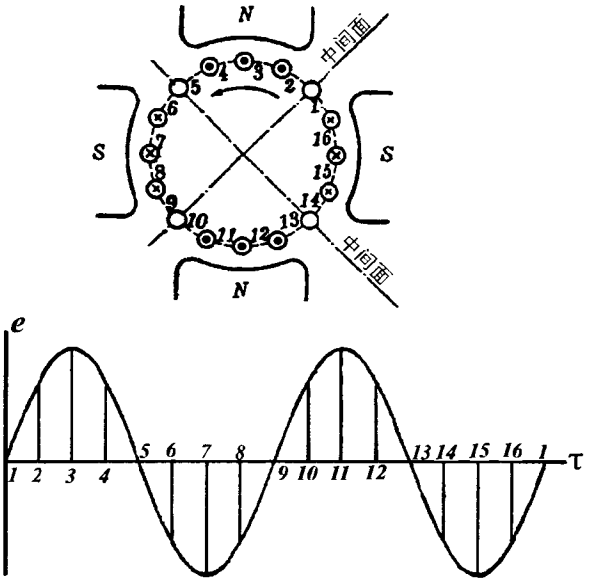


图 1－22　4 极交流发电机所产生的交变电动势

正弦波也可以用旋转向量来表示，向量的长度表示正弦波电压或电流的最大值。旋转向量与水平线的夹角表示相角，相角的计算，规定以逆时针旋转的方向为相角的正方向，顺时针的方向为负方向。大于 180°的相角可改用较小的负值相角来替代。向量旋转的速度称为正弦波的角速度，旋转向量在各个不同位置上对水平线间的高度，即表示正弦波的瞬时值。

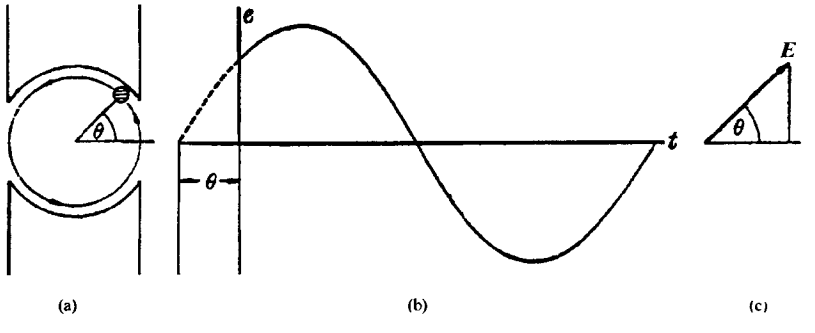


图 1－23　向量图

如图 1－23 中，交变电动势是由导线在均匀磁场中旋转时所产生。这样，交变电动势的高低便决定于导线切割磁力线速度。图 1－23（a）表示导线已转过中间面 θ 角时的位置，现在就把这个位置作为计算交变电动势的起点。根据导线在各个位置上所产生的感应电动势，可以用正弦曲线来表示交变电动势的正弦波，如图 1－23（b）所示。同时也可以用旋转向量来表示这正弦波，如图 1－23（c）所示。

旋转向量常用来表示 n 个同频率而不同相位的电压或电流，并指出它们相互间的各种关系。如图 1－24（a）所示，在发电机的转子上均匀地绕置着相隔 90°的两个线圈，这个转

子旋转时就将产生两相交流电动势，U、V 的两相间相差 90°电角度或 1/4 个周期。每一相绕组都能在转动时产生按正弦变化的交流电动势，图 1－24（b）表示这两相交变电动势变化时的正弦曲线。图中是以第一相 U 相绕组的电动势由零值开始上升时作为起点，第二相 V 相绕组的电动势比 U 相滞后 90°或 1/4 个周期，图 1－24（c）所示即为这两个交变电动势的向量图。由于这两个在空间位置相隔 90°相角的线圈用同样的角速度旋转，所以其旋转向量间的相对位置始终保持不变。

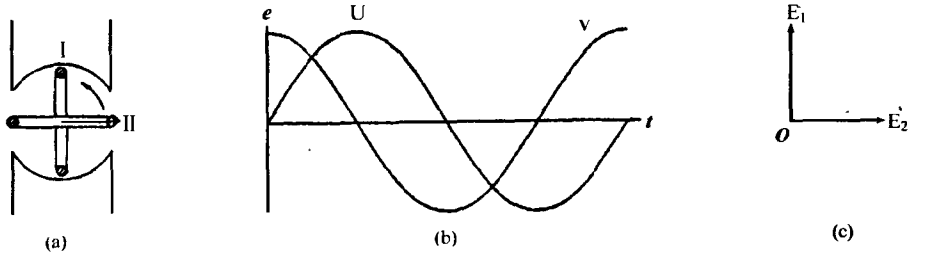


图 1－24　两相正弦交流曲线

习　题

1. 什么叫电？电流、电压、电阻的单位是什么？
2. 什么是欧姆定律？它有何用途？
3. 什么叫电功率？它的单位是什么？
4. 磁是什么？它有哪些类型？
5. 磁铁的一般性质是什么？
6. 什么是磁场和磁力线？它们具有哪些特性？
7. 什么叫磁通和磁通密度？它们的单位是什么？
8. 怎样用单导线右手定则来确定载流导线的磁场方向？
9. 怎样用螺管线圈右手定则来确定螺管线圈的磁场方向？
10. 载流导线在磁场中为什么会产生电磁力？
11. 什么是电动机左手定则？什么是发电机右手定则？
12. 单相交变电动势是怎样产生的，交变电动势的大小受哪些因数的影响？
13. 什么是交变电流的频率？频率与转速有何关系？
14. 什么叫做正弦波和旋转向量？
15. 什么是三相正弦交流电？

第 2 章　单相电动机的工作原理、结构与类型

单相电动机是一种使用在工频单相交流电源上，将电能转换成机械能的拖动机械。由于它具有结构简单、价格便宜、工作可靠、维修方便等一系列优点，因而被广泛应用于小型机床、电功工具、家用电器、办公设备和医疗器械中作为动力源。因工作性质及使用范围的限制，其容量都比较小，功率多在 750W 以下。

单相电动机的原理相近、种类繁多、构造各异，为更深入地认识单相电动机，下面将对其原理、结构和类型作简要叙述。

第 1 节　单相异步电动机的工作原理

一、异步电动机的基本原理

异步电动机的基本原理，可以用图 2－1 来说明。如图所示，马蹄形磁铁借助手柄可在支架上旋转，即一个手动旋转磁场。在马蹄形磁铁两极之间的磁场中，安放有一个转子。沿转子圆周均匀地分布着很多根细导条，导条的两端分别用两个铜环把它们接起来成为一个闭合回路。这个闭合形导体就称为转子绕组。如果我们转动手柄使磁铁转动起来，这时旋转的磁场就会切割转子的导体，并在导体中产生感应电动势，电动势的方向可用右手定则来确定。假如磁场的旋转是按图中所指的方向，则在 N 极下转子导体中的电动势方向都是垂直进入纸面的，用符号⊗表示。而在 S 极下转子导体中的电动势方向都是垂直从纸面出来的，用符号⊙表示。由于转子导条都是互相联接而成为闭合回路，所以导体中一有电动势便会产生自成回路的电流，电流的方向则与电动势方向相同。接着，转子中的电流与气隙磁场相互作用便产生了电磁转矩。电磁转矩的方向可以用电动机左手定则来决定。由此可知，电磁转矩的方向和旋转磁场的方向相同。在电磁转矩的作用下，转子以 n 转速顺着磁场方向旋转，

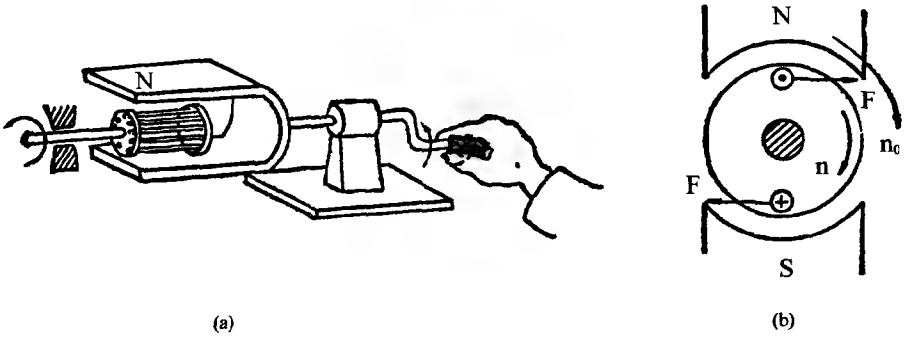


图 2－1　异步电动机的原理图

这就是所有异步电动机的基本原理。

电动机在运行时，要克服本身的摩擦和负载转矩，转子导体中就需要一定大小的电流，以产生足够的电磁转矩。所以异步电动机转子的转速 n 总是低于旋转磁场的转速 n_c，这样，磁场才能够切割转子导体使其产生感应电动势，建立转子电流。实际应用的异步电动机磁场不是一个靠外力转动的磁铁，而是依靠交流电源和嵌放在电动机定子上的绕组所产生的旋转磁场。

二、单相绕组的脉振磁场

我们知道，单相交流电流是一个随时间按正弦规律变化的电流。因此，它所产生的磁场将是一个脉振磁场。即某一瞬间电流为零时，电机气隙中的磁感应强度也等于零，如图 2－2 所示。当电流增大时磁感应强度也随着增强。电流方向相反时，磁场方向也跟着反过来。但是在任何时刻，磁场在空间的轴线并不移动。只是磁场的强弱和方向像正弦电流一样，随时间按正弦规律作周期性变化。

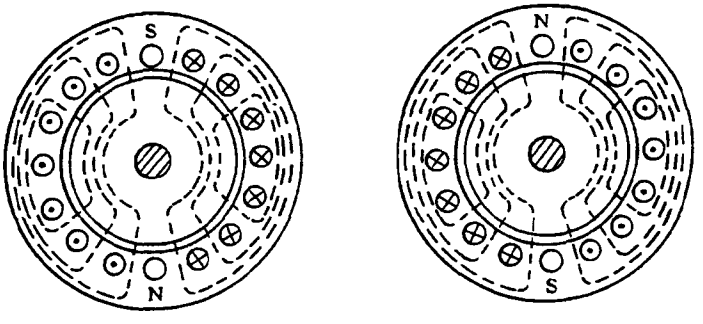


图 2－2　单相异步电动机的脉振磁场

为了便于分析问题，通常可以把这个脉振磁场分解成两个旋转磁场来看待。这两个磁场的旋转速度相等，但旋转方向相反。每个旋转磁场的磁感应强度的幅值等于脉振磁场磁感应强度幅值的一半，即 $B_1 = B_2 = B_m/2$。

这样一来，任一瞬间脉振磁场的磁感应强度都等于这两个旋转磁场的磁感应强度的向量和。如图 2－3 所示，在 t_c 瞬时，两个旋转磁场的磁感应强度向量方向相反，所以合成磁感应强度 $B=0$。在 t_1，两个旋转磁场的磁感应强度向量都对水平轴偏转了一个角度，即 $\alpha = \omega t_1$。从图 2－3 中 $t = t_1$ 瞬时的矢量图上看，B_1 和 B_2 的合成磁感应强度

$$\begin{aligned} B &= B_1 \sin\alpha + B_2 \sin\alpha \\ &= \frac{B_m}{2}\sin\omega t_1 + \frac{B_m}{2}\sin\omega t_1 \\ &= B_m \sin\omega t_1 \end{aligned}$$

同样也可以证明，在其它任何瞬时，这两个旋转磁场的磁感应强度 B_1 和 B_2 的合成磁感应强度，就是脉振磁场的磁感应强度的瞬时值。

既然可以把一个单相的脉振磁场分解成两个磁感应强度幅值相等、转向相反的旋转磁场，因而也就可以认为，单相异步电动机的电磁转矩也是分别由这两个旋转磁场所产生转矩

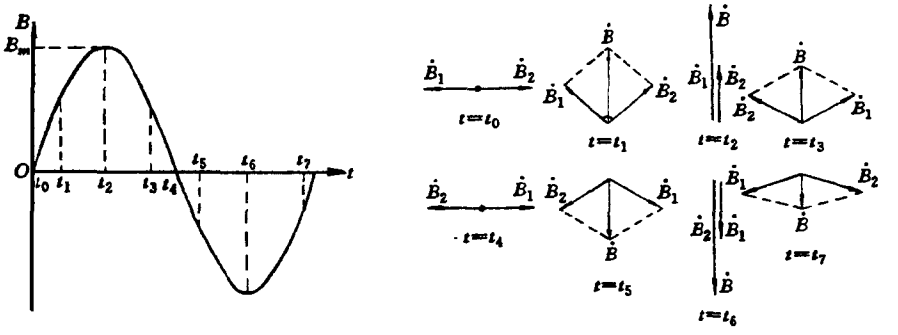


图 2－3　脉振磁场分解为两个旋转磁场

合成的结果。当电动机静止时，由于两个旋转磁场的磁感应强度大小相等而转向相反，因此，在转子绕组中感应产生的电动势和电流也将大小相等而方向相反。故两个电磁转矩的大小也相等而方向也相反，于是合成转矩等于零，电动机无法起动。也就是说，单相异步电动机的起动转矩为零。这既是它的一个特点，也是它的一大缺点。但是，如果我们用外力使转子转动一下，则不论是朝顺时针方向转动或逆时针方向转动，这时电磁转矩都将会逐渐增加，使电动机沿着外力作用方向旋转，直至达到稳定转速为止。

二、两相绕组的旋转磁场

如上所述，单相绕组产生的是一个脉振磁场，其起动转矩等于零，不能自行起动，因而不具实用价值。要使单相异步电动机得到应用，首先必须解决它的起动问题。因此，一般单相异步电动机（除集中式罩极电动机外）均采用两相绕组。一相为主绕组（又称工作绕组或运行绕组），另一相为辅助绕组（又称起动绕组或副绕组）。主、辅绕组在定子空间布置上相差 90°电角度，同时使两相绕组中的电流在时间上也不同相位。如在辅助绕组内串联一个适当的电容器即可达到，如图 2－4 所示，即为其接线原理图。这样，一个相差 90°电角度的两相旋转磁场就使单相异步电动机旋转起来。电动机转动起来后，当接近额定转速时起动装置会适时地自动将辅助绕组从电源脱离开，只剩下主绕组在线路上工作。

下面来具体分析一下，为什么在空间互差 90°电角度的两相绕组，在通入相位上互差 90°电角度的两个电流后，能建立起旋转磁场。

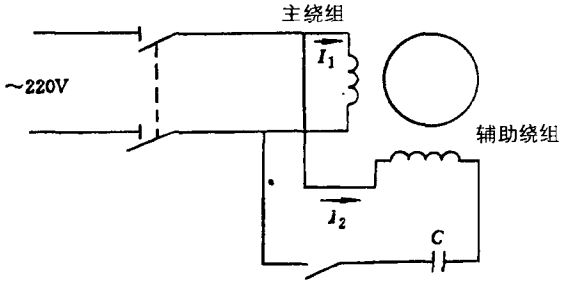


图 2－4　单相电容起动电动机接线原理图

图 2－5（a）所示，i_1 与 i_2 两个电流在相位上相差 90°电角度，图 2－5（b）所示为在空间上相差 90°电角度的两相绕组。如将 i_1 通入绕组 A－X、i_2 通入绕组 B－Y，以绕组线端 A、B 为首端，绕组线端 X、Y 为末端。正电流从绕组的首端 A、B 流入，负电流则从绕组的末端流入。图 2－5（c）各图显示了 i_1 与 i_2 两个电流 5 个瞬时所产生的磁场情况，从图中可以看出，当电流变化一周时，磁场也旋转变化一周。

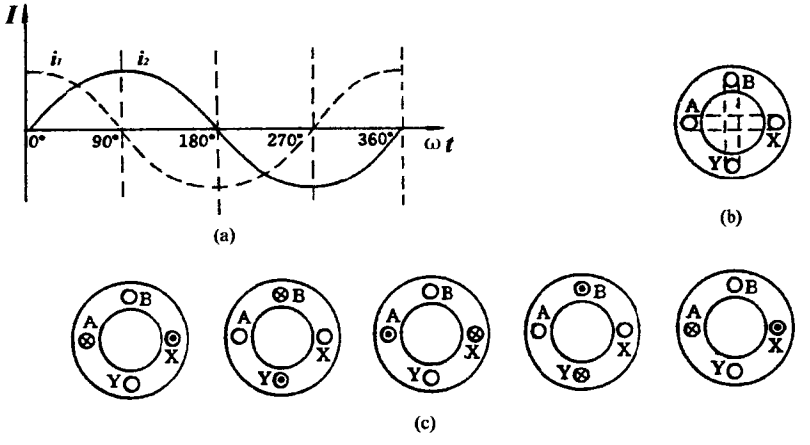


图 2－5　两相绕组产生的两相旋转磁场

综上所述，我们只要将相位上相差 90°电角度的两个电流，通入在空间上也相差 90°电角度的两相绕组（即主、辅两套绕组），就能使单相异步电动机产生一个两相旋转磁场。在这个旋转磁场的作用下，转子将产生电磁转矩而转动起来，这就是除罩极式以外所有单相异步电动机的运行原理。

第 2 节　单相同步电动机的工作原理

同步电动机是依靠同步转矩工作的交流电机。由于这种电动机的转速和旋转磁场的转速同步，故称为同步电动机。

单相同步电动机是用于交流单相电源的电动机。这种电动机的功率一般都比较小，其额定功率多从零点几瓦到几百瓦。单相同步电动机由于具有在电源电压波动或负载转矩变化时仍可保持转速恒定不变的特性，因而被大量用于复印机、传真机、打印机和各种精确计时装置中。

单相同步电动机的定子结构与单相异步电动机相似，其作用也都用来建立旋转磁场。但转子结构的差异很大。根据转子结构的不同，单相同步电动机可分为永磁式、反应式和磁滞式三种。制成这些单相同步电动机转子的磁极材料有很大的差别，因而其工作原理也就不尽相同，下面将分别介绍这几种单相同步电动机的工作原理与特点。

一、永磁式同步电动机

永磁式单相同步电动机的定子与异步电动机定子基本相同，其作用都是产生旋转磁场。

转子则由永久磁铁制成，其结构型式有凸极式和隐极式两种。这类电动机的特点是功率因数和效率较高，有效材料的利用较好，比同体积其它类型同步电动机的输出功率要大。

永磁单相同步电动机是依靠定子旋转磁场与永磁转子磁场的相互作用而工作。因此，只有在转子转速等于定子旋转磁场转速时，它才能形成稳定的同步转矩去驱动转子工作。工作原理如图2－6所示，当同步电动机的定子通上交流电源后，就将产生一个旋转磁场，图中是用旋转磁极来表示这个旋转磁场的。在定子旋转磁场以同步转速朝着图示的逆时针方向旋转时，根据磁场异性相吸的原理N极与S极就会互相吸引。定子旋转磁极就将与转子永久磁极紧紧吸住，并带着转子一起旋转。因转子是由旋转磁场拖带旋转的，故其转子的转速应该与定子旋转磁场转速同步。但当转子上的负载转矩增大时，定子磁极轴线与转子磁极轴线间的夹角 α 就会相应增大。而负载转矩减小时，夹角又会减小。虽然负载变化时，定、转子磁极之间的夹角会增大或减小，但只要负载不超过一定限度，转子就将始终跟着定子旋转磁场以恒定的同步转速运转，即转子转速为：

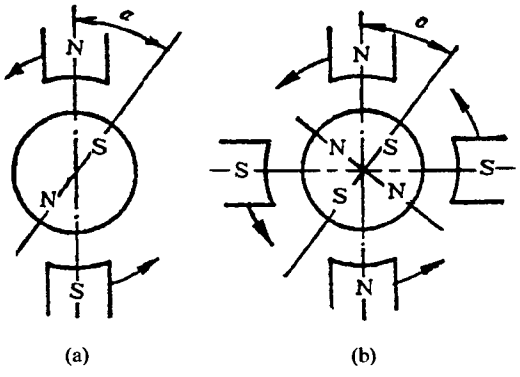


图2－6　水磁式单相同步电动机的工作原理

$$n=\frac{60f}{p}\quad 转/分$$

由此可见，转子转速只决定于电源频率 f 和电动机极对数 p。但是如果轴上负载转矩超出一定限度，转子就将不再按同步转速运行而发生失步现象，严重时甚至停转。这个最大限度的转矩称为最大同步转矩。因此，使用同步电动机时，其负载转矩不能大于最大同步转矩。转子是否有可能仍沿着旋转磁场的方向，但以不同于定子旋转磁场的转速旋转呢？如果这样的话，则定子旋转磁场与转子之间将存在相对运动，在图2－6所示的瞬间，转子上会受到逆时针方向的转矩。而当定子旋转磁场相对于转子转过180°或90°时，作用在转子上的电磁转矩变成了顺时针方向。因而定子旋转磁场相对于转子每转过一周，转子所受电磁转矩的平均值就将为零。这说明，转子不可能在这种电磁转矩的作用下以不同于定子旋转磁场的转速稳定运行。所以，转子稳定运行时的转速只能等于定子旋转磁场的转速，也即等于同步转速。

上述电磁转矩的形式也可以用磁力线的性质来说明。我们知道，磁力线具有尽量收缩其长度，使自己所经磁路的磁阻最小的性质。如图2－7所示，在 $0°<\alpha<90°$ 时，磁力线被扭曲和拉长了。由于磁力线的收缩，使转子上产生了电磁转矩。当 $\alpha=90°$ 时，磁力线被扭曲和拉长得最厉害，而产生的电磁转矩则也最大。假如电动机的磁极对数 $p=2$，从图2－6(b)中也不难看出，当 $\alpha=0°$ 和90°时，转子都只受到径向力的作用，磁力线没有被扭曲拉长，故不会产生电磁转矩。而 $\alpha=45°$ 时，磁力线被扭曲拉长得最厉害，电磁转矩也就最大。如磁极对数 p 为其它数值，则可依此类推。由此可见，无论磁极对数 p 等于多少，当定、转子轴线间的电角度等于0°时，电磁转矩为零，而电角度由0°向90°增加时，电磁转矩随之增加；当电角度为90°时，电磁转矩为最大，此时所对应的机械角度 $\alpha=90°/p$。因此，当电

动机的负载转矩增加时，稳定后的转速虽然不变，但电角度却相应增大。如果负载转矩超过最大同步转矩，电动机就会因带不动负载使转速下降而出现失步现象，直至停止运转。

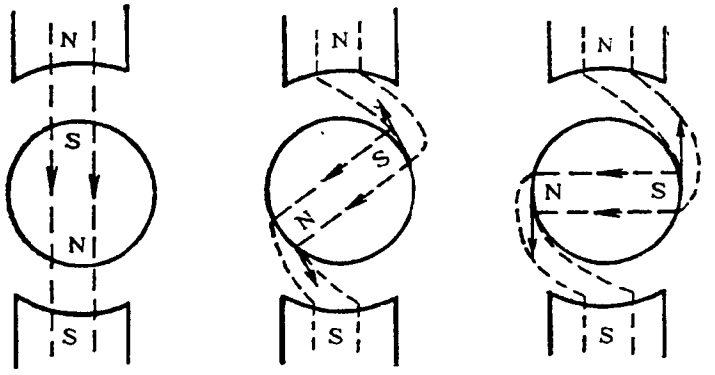


图 2－7　永磁式同步电动机的电磁转矩

永磁式单相同步电动机在转速比较高，转子惯性又比较大的情况下，单靠永磁式转子本身是无法起动的。因为，在刚起动时，转子不可能立即从静止状态跟上并达到定子旋转磁场的转速，两者间就将存在相对运动，如前所述，这时作用在转子上的电磁转矩的平均值为零。也就是说，永磁式单相同步电动机这时不产生起动转矩，因而不能自行起动。为此，通常需要在转子上装上鼠笼式起动绕组。起动时依靠鼠笼式起动绕组，像异步电动机那样产生起动转矩，使转子旋转起来。当转速上升到接近同步转速时，定子旋转磁场与转子永久磁铁相互吸引，从而将转子拉入同步运行，一起以同步速度旋转。这时由于转子与旋转磁场已无相对运动，故鼠笼式起动绕组便不起作用。

二、磁滞式单相同步电动机

磁滞式单相同步电动机是一种利用磁场滞后作用产生转矩的电动机。这类电动机的定子结构与单相异步电动机相似，转子用磁滞材料做成光滑表面的圆柱体。这种磁滞材料在进行反复磁化时，磁分子不能按外磁场的方向及时作相应的排列，因而在时间上有一个较大的滞后，产生较明显的磁滞现象。

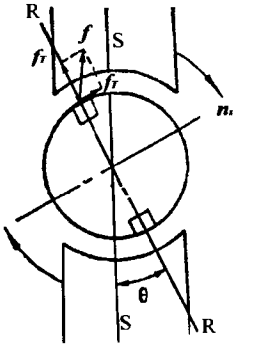


图 2－8　磁滞转矩的形成

磁滞单相电动机的主要特点是具有较大的起动转矩，因此它不需要任何起动绕组就能进入同步，并稳定地在同步转速下运行。而且它结构简单、运行可靠，故广泛应用于传真、录音、自动控制、自动记录等装置中。

磁滞单相电动机的工作原理如图 2－8 所示，当磁滞单相电动机的定子绕组接通电源后，将产生旋转磁场，使转子材料的磁滞层磁化。在转子磁滞层磁化的过程中，由于转子磁场的磁滞作用，以致转子磁化磁场跟不上定子旋转磁场的变化而落后一角度 θ。于是，定子旋转磁场与转子磁化磁场之间的相互作用，就产生了一对切向分力 f_T 和一对径向分力 f_r，其中

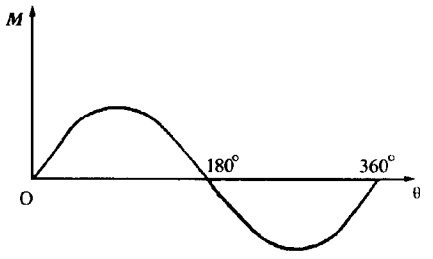


图 2－9　磁滞式同步电动机的矩角特性

切向 $S-S$ 为定子旋转磁场轴线，$R-R$ 为转子磁化磁场轴线，两轴线夹角为 θ。磁滞式单相同步电动机的矩角特性如图 2－9 所示，在磁滞角为 90°时，转矩达到最大值。如负载转矩等于磁滞转矩，则转子的转速将从零一直增加到等于同步转速。这时转子相对旋转磁场不产生相对运动，转子被恒定地磁化。转子上各处的磁感应强度是恒定的，于是硬磁性材料制成的转子将类似一个永磁转子，而被牵入同步运行。

三、反应式单相同步电动机

反应式单相同步电动机的转子是用本身无磁性的导磁材料制造的。转子的磁极是由定子磁场磁化而来，所以称为“反应式”同步电动机。同时又因为它转子上交轴和直轴磁阻不等，因而产生磁阻转矩来驱动转子旋转，故又称为磁阻式单相同步电动机。

图 2－10 所示为反应式同步电动机的基本结构。定子通电后将产生旋转磁场，当旋转磁场的轴线与转子直轴（顺凸极方向）重合时，气隙最小，故磁阻也小；当旋转磁场轴线与转子交轴（垂直于凸极方向）重合时，气隙最大，而磁阻也大。

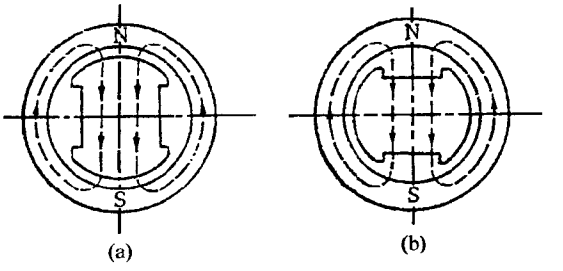


图 2－10　反应式同步电动机结构示意图

图 2－11 所示为反应式单相同步电动机工作原理。电动机转子的直轴和交轴磁阻不等为什么就能产生转矩呢？原来，导磁材料在外磁场的作用下将被磁化而感应出暂时的极性，从而会受到外磁场的作用力。同理，当不励磁的凸极转子放在旋转磁场里（这里是同一对旋转磁极表示）。电动机同步运行时，当转子凸极轴线（即直轴）与定子旋转磁场轴线间的夹角为零时，磁路的磁阻最小，磁力线最短，气隙磁场没有扭曲现象，磁阻转矩为零，如图 2－11（a）所示，这时电动机为理想的空载状态。当转子带上负载后，转子凸极轴线对定子磁轴线滞后一个夹角 θ，气隙磁场因而被扭曲，磁力线所经路径被拉长，磁阻增大。被拉长的磁力线则力图缩短以减小磁阻，于是产生磁阻转矩。这个转矩与负载转矩相平衡，电动机处于稳定运行状态。负载增大时，转子凸极轴线与定子旋转磁场轴线夹角增大。当 $\theta=45°$电角度时，电动机的磁阻转矩为最大值，如图 2－11（b）所示。当负载继续增大时，磁阻同步转矩将减小，当 $\theta>45°$时，电动机将因失步而进入异步运行状态。反应式单相同步电动机的矩角特性如图 2－12 所示。

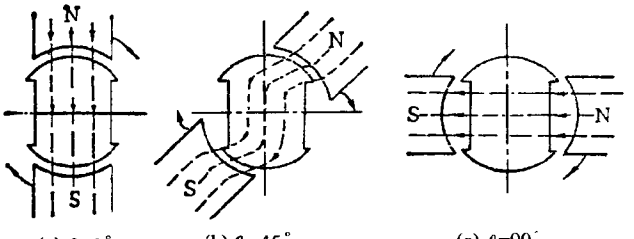


图 2－11　反应式单相同步电动机工作原理

显然，反应式单相同步电动机与永磁式同步电动机产生电磁转矩

的原理不同。永磁式转子具有固定的磁极，其极性与定子旋转磁场无关，电磁转矩是由具有固定极性的定、转子磁极相互作用产生的。而反应式同步电动机的转子则没有固定磁极，其极性是由定子旋转磁场磁化而形成的。只有在直轴和交轴磁阻不等时，才能产生电磁转矩。

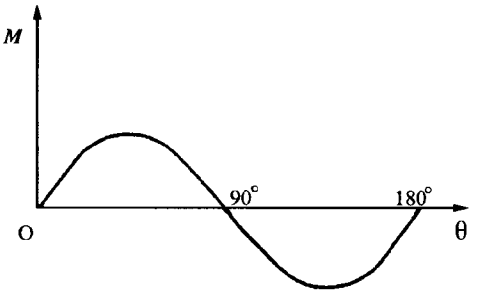


图 2－12　反应式同步电动机的矩角特性

反应式单相同步电动机通常均由普通异步电动机派生而来，它的定子结构与异步电动机基本相同，转子结构则有较大差异。常见的转子结构有以下三种，即：（1）外反应式；（2）内反应式；（3）内外反应式。

由于反应式单相同步电动机转子上无励磁绕组，当转子转速未达到旋转磁场同步转速时，作用在转子上的电磁转矩平均值等于零。因此，这种电动机也需增设鼠笼式起动绕组才能够起动。

第 3 节　单相异步电动机的结构

一、定子部分

单相异步电动机的定子主要包括机座、铁心、绕组三大部分，现简要分述如下：

1. 机座

采用铸铁、铸铝或钢板制成，其结构型式则取决于电动机的使用环境及冷却方式。单相异步电动机的机座型式一般分为开启式、防护式、封闭式等几种。开启式结构的定子铁心和绕组外露，由周围空气自然冷却，多用于一些与整机装成一体的使用场合，例如洗衣机电动机。防护式结构则是在电机的通风路径上开些必要的通风孔道，而电机的铁心和绕组则被机座遮盖着。封闭式结构则是整个电机均采取密闭方式，电机内部与外部完全隔绝，防止外界的侵蚀与污染。电机内部的热量则由机座散发，当散热能力不足时，在外部再加风扇冷却。

此外，有些专用电动机可以不用机座，而是直接将电动机与整机设计在一起。例如电风扇和电钻、电锤等手提式电动工具。

2. 铁心部分

定子铁心多用铁损小、导磁性能好，厚度为 0.35 mm 的硅钢片冲槽叠压而成。定、转子冲片上都均匀冲槽。由于单相异步电动机定、转子之间的气隙比较小，一般在 0.2～0.4mm 以内。为减小定、转子开槽所引起的电磁噪声和齿谐波附加转矩的影响，定子多采用半闭口槽形状。转子则为闭口或半闭口槽，并且还采用转子斜槽来降低齿谐波的影响。集中绕组罩极式单相异步电动机的定子铁心则为凸极磁极形状，也用硅钢片冲制叠压而成。

3. 绕组

单相异步电动机的定子绕组，一般都采取两相绕组的形式，即主绕组和辅助绕组。主、辅绕组的轴线在空间相差 90°电角度，两相绕组的槽数、槽形和线圈匝数可以相同，也可以不相同。一般主绕组占定子总槽数的 2/3，辅助绕组占定子总槽数的 1/3，但应根据各种电动机的技术要求而定。

单相异步电动机中常用的定子绕组型式主要有单层同心式绕组、单层链式绕组、双层叠绕组和正弦绕组。罩极式电动机的定子则多为集中式磁极绕组，在磁极极面的一部分上嵌放有短路铜环式的罩极线圈。

定子绕组的导线均采用高强聚酯漆包线，线圈在线模上绕好后，嵌放在备有槽绝缘的定子槽内。经浸漆、烘干等绝缘处理，以提高绕组的机械强度和耐热性能。

二、转子部分

单相异步电动机的转子主要有转轴、铁心、绕组三部分，现分述如下：

1．转轴

转轴用含碳轴钢车制而成，两端安置用于转动的轴承。单相异步电动机常用的轴承有滚动轴承和滑动轴承两类，小容量的电动机均采用含油滑动轴承。这种轴承结构简单、噪声也很小，因而得到普遍使用。轴承由轴承室、轴承盖支撑后装在端盖上。

2．铁心

转子铁心是先用与定子铁心相同的硅钢片进行冲制，然后将冲有齿槽的转子冲片叠装后压入转轴而成。

3．绕组

单相异步电动机的转子绕组一般有两种型式，即笼型和电枢型。笼型转子绕组是用铝或铝合金一次铸造而成，它广泛应用于各种单相异步电动机的转子中。电枢型转子绕组则采用与直流电机相同的分布式绕组，这种转子绕组主要用于单相串励电动机。

三、起动装置

除电容运转式电动机和罩极式电动机外，一般单相异步电动机在起动结束后辅助绕组都必须脱离电源，以免烧坏不能长时间运行的辅助绕组。因此，为保证单相异步电动机的正常起动和安全运行，就需配有相应的起动装置。

起动装置的类型有很多，主要可分为离心开关和起动继电器两大类。图 2－13 所示为离心开关的结构示意图。如图中所示，离心开关主要包括旋转和固定两部分，旋转部分装在转子转轴上，随转子一起旋转。固定部分则装在前端盖内。其工作原理如图 2－14 所示，它利用一个随转轴一起转动的部件——离心块，来进行工作。电动机起动后，当转子转速达到额定转速的 70% ～80% 时，离心块的离心力将大于弹簧对动触点的压力，使动触点与静触点脱开，从而切断辅助绕组与电源的联接，仅让电动机的主绕组单独接在电源上运行。

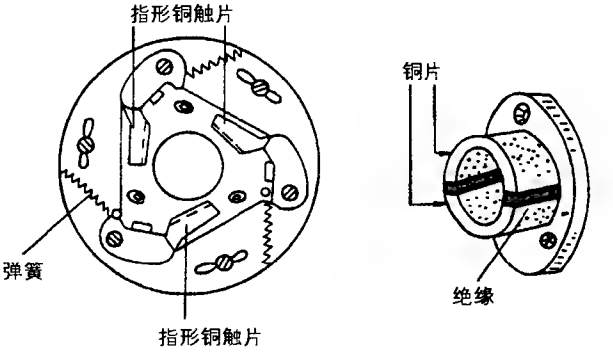


图 2－13　离心开关结构示意图

因离心块的结构较为复杂，容易发生故障，严重时甚至烧毁辅助绕组，并且开关又整个地安装在电动机内部，出了问题检修也极不方便，故现在的单相电动机已较少采用离心开关来作为起动装置，转而采用多种的起动继电器。起动继电器一般装在电动机机壳上面，检查、维修都极其方便。常用的继电器有电压型、电流型、差动型三种，下面分别介绍其工作原理。

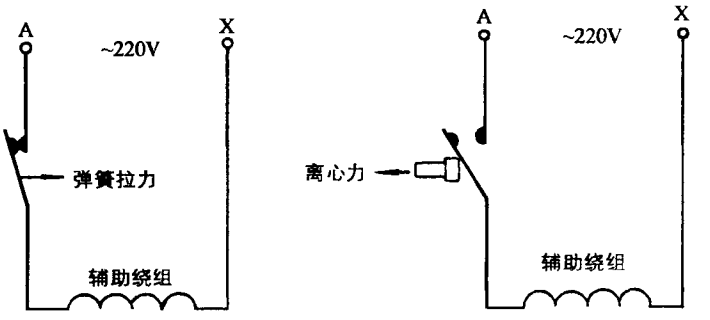


图 2－14　离心开关工作原理图

1．电压型起动继电器

其接线如图 2－15 所示，继电器的电压线圈跨接在电动机辅助绕组上，常闭触点串联接在辅助绕组的电路中。接通电源后，主、辅绕组中均有电流通过。这时电动机开始起动。由于跨接在辅助绕组上的电压线圈，其阻抗比辅助绕组大，故电动机在低速时，流过电压线圈中的电流很小。但随着转速不断升高，辅助绕组中的反电动势逐渐增大，使得电压线圈中的电流也逐渐增大；当达到一定数值时，电压线圈产生的电磁力克服弹簧的拉力使常闭触点断开，从而切断了辅助绕组与电源的联接。由于起动用辅助绕组内的感应电动势，使电压线圈中仍有电流流过，故仍能保持触点在断开位置，从而保证电动机在正常运行时辅助绕组不会接入电源。

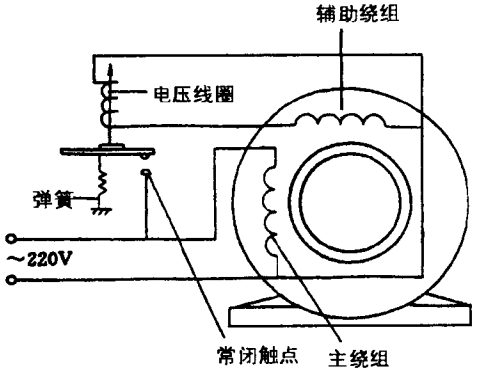


图 2－15　电压型起动继电器原理接线图

2．电流型起动继电器

其接线如图 2－16 所示，起动继电器的电流线圈与电动机主绕组串联，常开触点则与电动机辅助绕组串联。电动机未接通电源时，常开触点在弹簧压力的作用下处于断开状态。而当电动机接通电源进入起动阶段时，此时比额定电流大几倍的起动电流流经继电器线圈，使继电器的铁心产生极大的电磁力。它足以克服弹簧压力使常开触点闭合，从而将辅助绕组与电源接通，电动机起动。随着转速不断上升，电流则随着逐渐减小。而当转速达到额定转速的 70% ～80% 时，主绕组内的电流减小。这时起动继电器电流线圈产生的电磁力将小于弹簧压力，常开触点又被断开，辅助绕组的电源被切断。至此，起动过程结

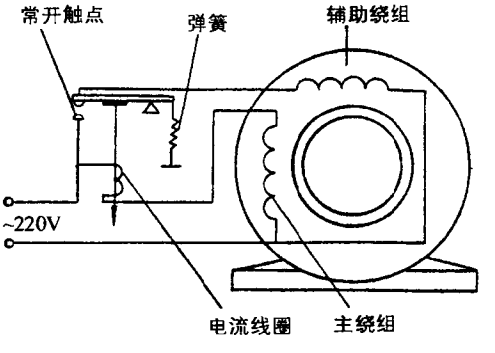


图 2－16　电流型起动继电器原理接线图

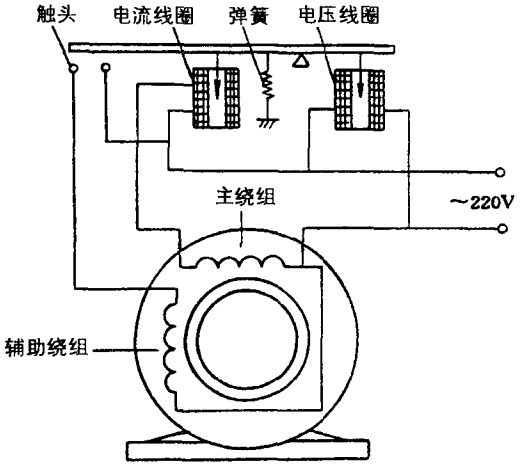


图 2－17　差动型起动继电器原理接线图

束。

3. 差动型起动继电器

其接线如图 2－17 所示，差动式起动继电器有电流和电压两个线圈，因而工作更为可靠。它的电流线圈与电动机的主绕组串联，电压线圈则经过常闭触点与电动机的辅助绕组并联。当电动机接通电源时，主绕组和电流线圈中的起动电流很大，使电流线圈产生的电磁力足以保证触点能可靠闭合。起动以后电流逐步减小，电流线圈产生的电磁力也随之减小。于是，电压线圈的电磁力使触点开，切除了辅助绕组电源。至此，电动机的起动过程完毕。

第 4 节　单相同步电动机的结构

单相同步电动机主要由定子和转子两部分组成，其定子结构与单相异步电动机基本相同。转子结构的差异却很大，下面将简要介绍。

一、定子部分

单相同步电动机的定子主要由机座、铁心和绕组这三大部分构成，其作用是在接入电源后建立一个定子旋转磁场，现将这三大组成分述如下。

1. 机座

单相同步电动机的机座型式有开启式、防护式、封闭式等几种，以适应不同工作环境的要求。机座一般用铸铁、铸铝或钢板制造。

2. 铁心部分

定子铁心采用高导磁、铁损小，厚度为 0.35～0.50 mm 的硅钢片冲槽叠压而成。主要制成用于分布式绕组的冲槽铁心，以及用于集中式绕组的凸极式铁心。转子铁心则根据不同型式单相同步电动机的特殊要求而制成多种形式。

3. 绕组

单相同步电动机的定子绕组也采用主绕组、辅助绕组的两相绕组型式，主绕组和辅助绕组的空间轴线相差 90°电角度。分布式绕组和集中式绕组均有采用。

二、转子部分

单相同步电动机的转子主要由转轴、铁心、绕组构成。根据转子结构的不同，单相同步电动机可分为反应式、永磁式和磁滞式三种。而且制成这些转子的磁极材料也有很大差别，现分别简述如下。

1. 转轴

采用含碳轴钢车制而成，轴两端置放有转动的轴承。轴承的轴承盖紧固在两端的端盖

上。容量稍大的单相电动机多用滚动轴承，小容量的则普遍使用含油滑动轴承。

2．铁心

转子铁心用与定子铁心相同的硅钢片冲槽后，经叠装再压入转轴。

3．绕组

单相同步电动机的转子绕组是用铝或铝合金一次铸成的笼形绕组。

4．反应式同步电动机的转子结构

反应式单相同步电动机通常由笼型异步电动机派生而来。两种电动机的定子结构基本相同，差别主要在转子上。反应式单相同步电动机的转子一般是在异步电动机的转子铁心冲片上加开反应槽而成。常见的转子结构有外反应式（凸极式），内反应式和内、外反应式三种，如图 2－18 所示。

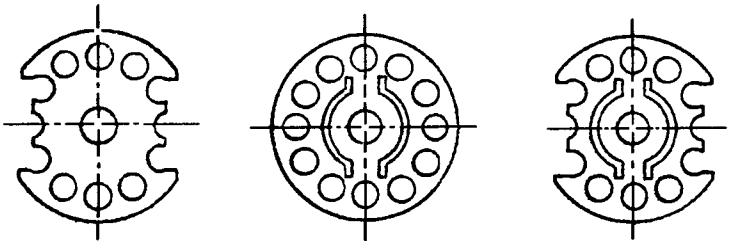


图 2－18　反应式同步电动机的转子冲片

外反应式转子冲片的反应槽多数开在外圆，故结构简单、易于加工。内反应式的反应槽由于多开在转子内部，因转子极弧较大，故其同步运行性能比外反应式结构要好些。内、外反应式的转子冲片结构，因直轴交轴的磁阻差别大，它与相同尺寸的外反应式转子相比，其容量可提高一倍，但工艺要复杂得多。

反应式同步电动机转子上无励磁绕组。当转子转速未达到旋转磁场的同步转速时，作用在转子上的转矩平均值等于零，即没有起动转矩。因此，反应式单相同步电动机需配置供起动用的笼形绕组，即在转子槽中铸铝。

5．永磁式同步电动机的转子结构

永磁式同步电动机的定子与异步电动机定子相似，其作用是产生一个旋转磁场。转子是永久磁铁制成的。永磁同步电动机是依靠永磁转子磁场和定子旋转磁场的相互作用而工作。只有当转子转速等于定子旋转磁场速度时，它才能形成稳定的同步转矩去驱动转子工作。如果转子一旦在异步状况下运行，则将因定、转子磁场相互作用产生的平均转矩为零，从而不能正常运行。因此，永磁式单相同步电动机为了解决起动和同步运行的问题，需要在永磁转子上设置笼形绕组或磁滞材料环，其结构如图 2－19 所示。

为了增大永磁同步电动机在同步状态下的最大功率，可将笼形转子铁心部分按反应式同步电动机的型式制成凸极式，如图 2－20 所示。如将这种结构电动机的磁钢磁极的轴线沿凸极位移 45°电角度，则可产生最大的合成同步转矩。

永磁同步电动机转子上设置的笼形绕组，它只在起动时起作用，当电动机转速达到同步转速时，笼形绕组产生的异步转矩为零。磁滞型永磁转子同步电动机达到同步后，其磁滞转

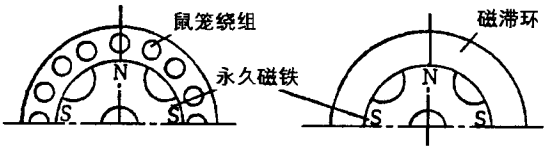


图 2－19　永磁式同步电动机的转子结构

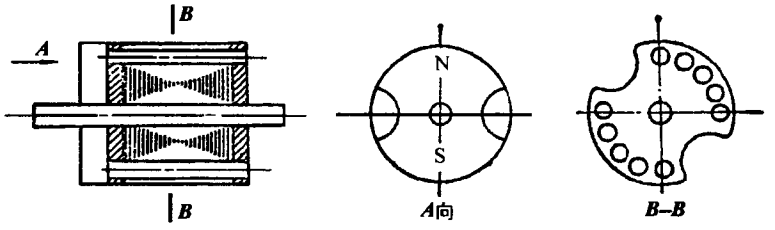


图 2－20　凸极式永磁转子结构

矩则仍然存在，它将使同步转矩增大。因此，永磁和凸极组合转子在起动时磁阻转矩为零。同步运行后，磁阻转矩将使同步转矩增大。

6．磁滞式同步电动机的转子结构

磁滞式同步电动机是利用磁滞作用产生转矩的单相同步电动机。这种电动机的定子与单相异步电动机的定子结构相似，其作用均为产生一个定子旋转磁场。转子则采用磁滞材料做成光滑表面的圆柱体，其结构如图 2－21 所示。

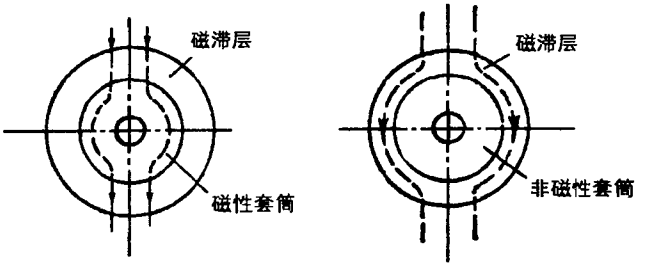


图 2－21　磁滞式同步电动机的转子结构

磁滞式单相同步电动机既可在同步状态下运行，也可以在异步条件下工作，因为它在异步状态时也能产生电磁转矩。当负载转矩大于磁滞转矩时，磁滞电动机将工作在异步状态。不过磁滞同步电动机在异步条件下运行的情况极少，这是因为在异步运行时，转子铁心会交变磁化，将产生很大的磁滞损耗和涡流损耗，因而很不经济。磁滞同步电动机的最大优点是具有很大的起动转矩，因而它无需设置任何起动绕组就能很快自行起动。

第 5 节　单相电动机的类型

单相电动机的用途极为广泛，从工农业生产到家用电器均大量的使用着单相电动机。为了适应各种用途的技术要求，因而设计、制造了各种类型、规格繁多的单相电动机。单相电动机可按其工作原理、结构和起动方式分类如下（见表 2－1）。

表 2－1　单相电动机分类表

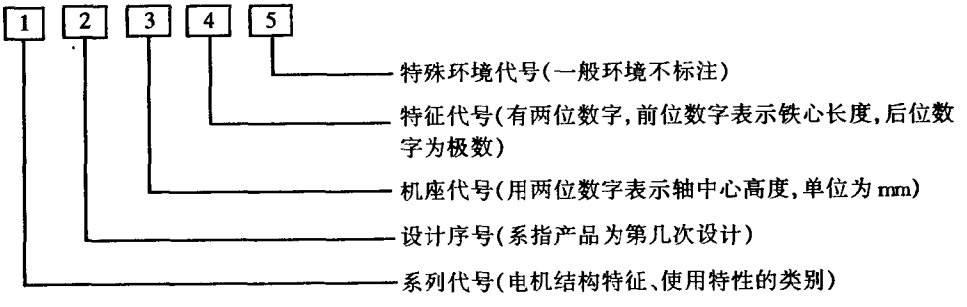
- 单相电动机
  - 异步电动机
    - 电阻分相起动电动机
    - 电容分相起动电动机
    - 电容运转电动机
    - 电容起动与运转电动机
    - 罩极式电动机
  - 同步电动机
    - 反应式电动机
    - 磁滞式电动机
    - 永磁式电动机
  - 换向器电动机
    - 单相串励电动机
    - 交直流两用电动机

从表 2－1 中可以看出，单相电动机的类型很多，因而它能适应各方面的需要。

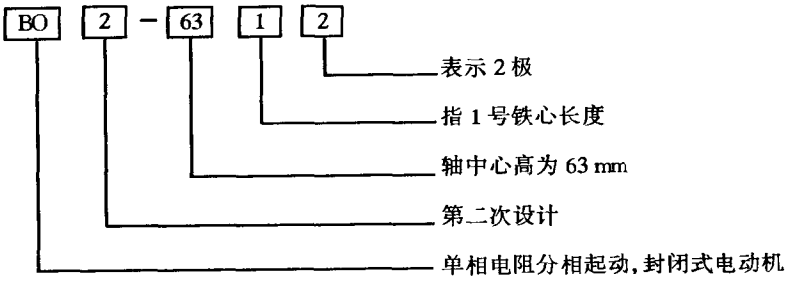
一、型号、系列

产品型号由系列代号、设计序号、机座代号、特征代号及特殊环境代号组成。

1．单相异步电动机的型号



例如：BO_2－6312 其含义为：



单相异步电动机产品基本系列代号如表2－2、表2－3所示；特殊环境代号见表2－4。

表2－2　单相异步电动机系列产品代号表（一）

系列产品名称	代　号
电阻分相起动异步电动机	BO、BO_2
电容分相起动异步电动机	CO、CO_2
电容运转异步电动机	DO、DO_2
电容起动与运转电动机	E
罩极式电动机	F

表2－3　单相异步电动机系列产品代号表（二）

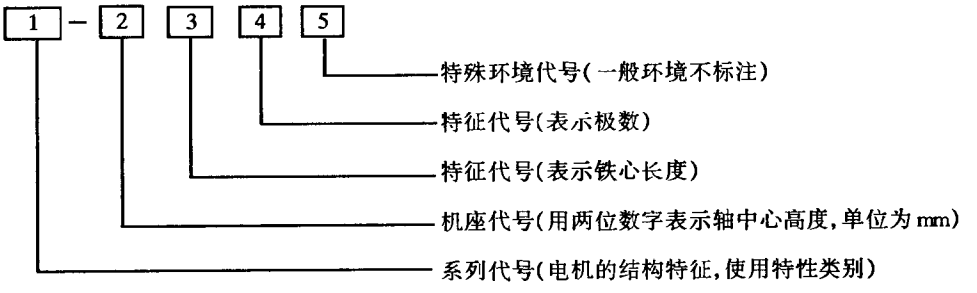
系列产品名称	代　号
电阻分相起动异步电动机	JZ
电容分相起动异步电动机	JY
电容运转异步电动机	JX

表2－4　单相异步电动机特殊环境代号表

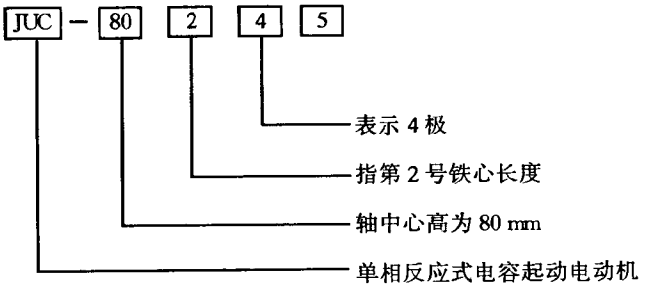
适用环境	汉语拼音代号	适用环境	汉语拼音代号
船　用	H	湿热带用	TH
热带用	T	高原用	G
干热带用	A	化工用(防腐用)	F

2．单相同步电动机的型号

单相同步电动机是依靠同步转矩以恒定的同步转速而工作的电机。它适用于严格保持同步或恒速的各种机构，如传真机、录音机、热工仪表和自动记录装置中作为驱动元件。单相同步电动机常见的型式有反应式（又称磁阻式）、永磁式和磁滞式三种，近年来还发展了电磁减速和一些混合式结构。单相同步电动机的型号及其含义如下：

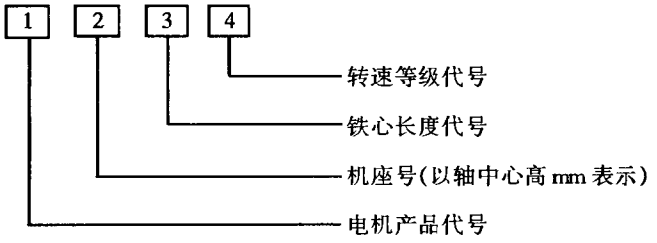


例如：JUC－8024

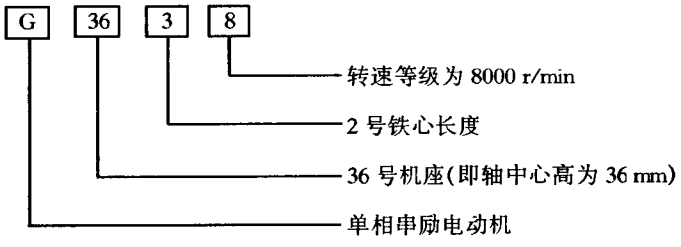


2．单相串励电动机的型号

单相串励电动机，也称为单相异步换向器电动机。由于它具有转速高、体积小、质量轻、效率高、起动转矩和过载能力大等一系列优点，因而广泛应用于小型机床、医疗器械、家用电器和电动工具等许多方面。目前我国系列生产的是在1970年开发设计的较新产品G系列单相串励电动机。其型号含义如下：



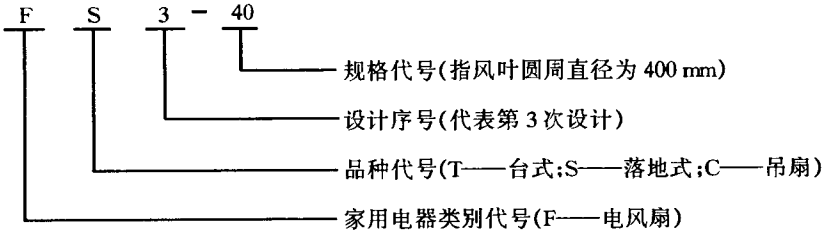
例如：G3638



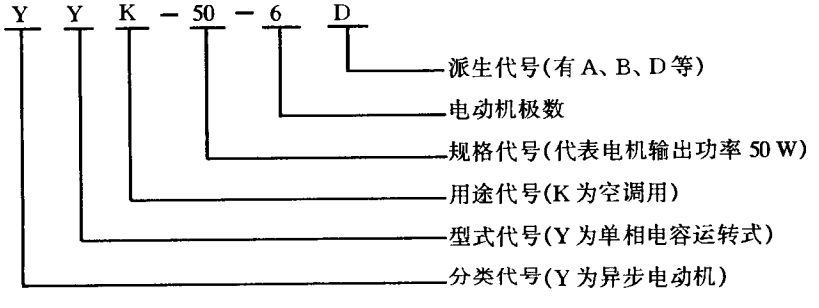
3．家用电器用单相电动机的型号

家用电器用单相电动机种类繁多，型号编制标准也不统一，既有按国际标准编制的，如电风扇、洗衣机用电动机；也有由生产厂家自定的，如电冰箱、空调器用电动机等。下面将简介几种常用家用电器用单相电动机的型号。

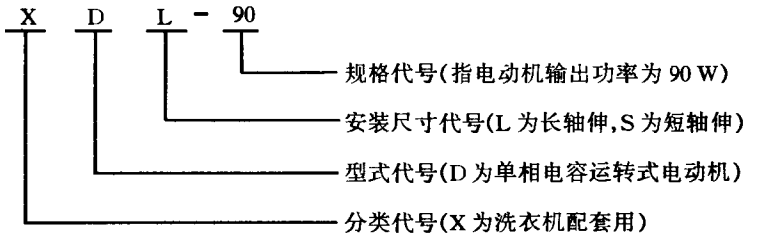
(1) 电风扇用单相电动机的型号



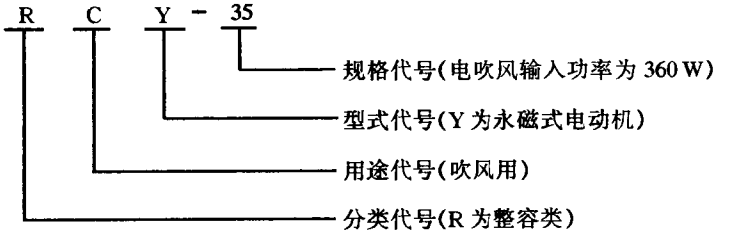
(2) 空调器用单相电动机型号



（3）洗衣机用单相电动机型号

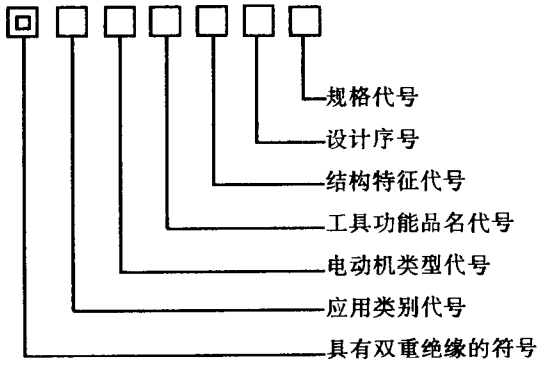


（4）电吹风用单相电动机型号

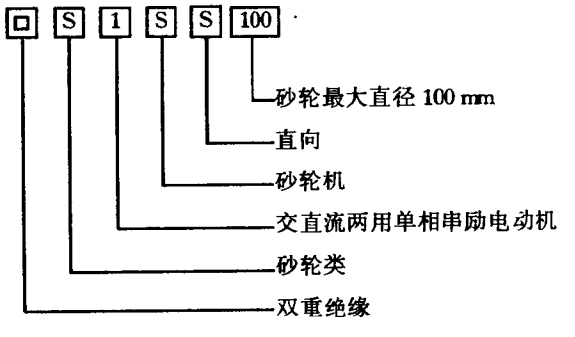


（5）电动工具用单相电动机型号

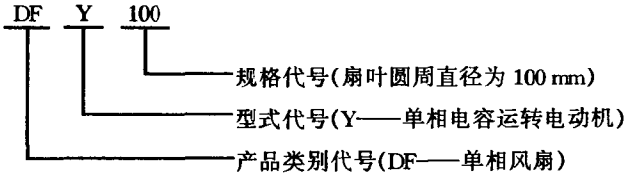
手提式电动工具用单相电动机有多种类型，目前应用最多的为交直流两用单相串励电动机。其型号通常以其工具型号作为代用型号，单相电动工具型号的构成如下：

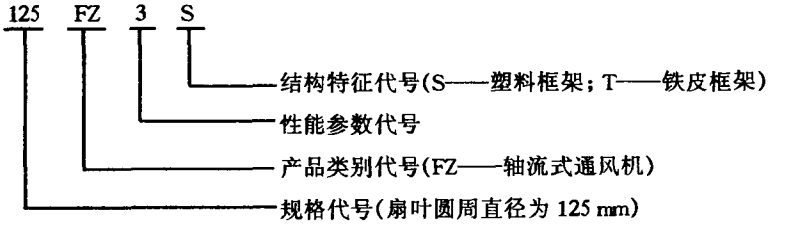


例如：



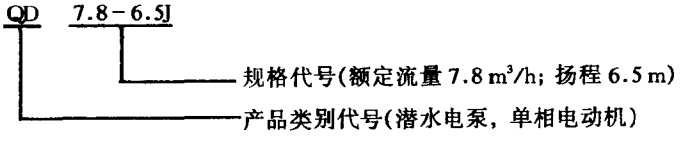
(6) 轴流式通风机配套的单相异步电动机系列的型号，配用的 FZ 系列多采用电容运转式单相电动机。其代用型号有以下两类：

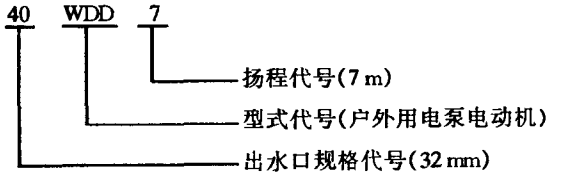




(7) 泵用单相电动机系列的型号

微型同轴泵用单相电动机均采用代用型号，常见系列型号有以下两类：





(8) 静电复印机配套用单相电动机型号

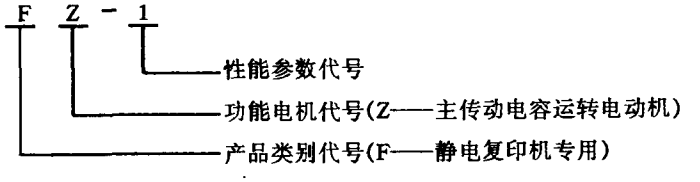


表 2－5　静电复印机配用单相电动机的型式及功能代号

代　号	电机型式	功 能 电 机
Z	电容运转式	主传动电动机
G		可逆光学驱动电动机
S		纸张输送电动机
X		吸尘电动机
M		毛刷电动机
C	永磁直流式	搓纸电动机
F	单相罩极式	风扇电动机

二、容量等级

单相异步电动机的功率范围为 8～750 W，额定功率与机座号的对应关系如表 2－6、表 2－7、表 2－8、表 2－9 所示。单相串励电动机额定功率与机座号的对应见表 2－10。

表 2－6　BO、CO、DO 系列单相异步电动机功率、机座对应表

机座代号	铁心代号	BO 系列		CO 系列		DO 系列	
		$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min
		额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
45	1					15	8
	2					25	15
50	1					40	25
	2					60	40
56	1	60	40			90	40
	2	90	60			120	90
63	1	120	90			180	120
	2	180	120	180	120		180
	3	250	180	250	180		
71	1	370	250	370	250		
	2		370	550	370		
80	1			750	550		
	2				750		

表 2－7　BO_2、CO_2、DO_2 系列单相异步电动机功率、机座对应表

机座代号	铁心代号	BO_2 系列		CO_2 系列		DO_2 系列	
		$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min
		额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
45	1					10	6
	2					16	10
50	1					25	16
	2					40	25
56	1					60	40
	2					90	60
63	1	90	60			120	90
	2	120	90			180	120
71	1	180	120	180	120	250	180
	2	250	180	250	180		250
80	1	370	250	370	250		
	2		370	550	370		
80	1	370	250	370	250		
	2		370	550	370		
90	1			750	550		
	2				750		

表 2－8　JX、JY、JZ 新系列单相异步电动机功率、机座对应表

机座代号	铁心代号	JX 系列		JY 系列		JZ 系列	
		$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min	$n_1=3000$ r/min	$n_1=1500$ r/min
		额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
45	1	15	8				
	2	25	15				
50	1	40	25				
	2	60	40				
56	1	90	60			60	40
	2	120	90			90	60
63	1					120	90
	2					180	120
71	1			250	180	250	180
	2			370	250	370	250
	3			550	370		370

表 2－9　YC 系列单相电动机与 Y 系列三相电动机功率等级对应表

机座代号		铁心代号	转速 3000 r/min		转速 1500 r/min		转速 1000 r/min	
			YC 系列	Y 系列	YC 系列	Y 系列	YC 系列	Y 系列
			额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
90		0.75	1.5	0.55	1.1	0.25	0.75	
	L		1.1	2.2	0.75	1.5	0.37	1.1
100	L	1	1.5	3	1.1	2.2	0.55	1.5
		2	2.2	3	1.5	3	0.75	1.5
112	M		3	4	2.2	4	1.1	2.2
132	S	1	3.7	5.5	3	5.5	1.5	3
		2	3.7	7.5	3	5.5	1.5	3
	M	1			3.7	7.5	2.2	4
		2			3.7	7.5	2.2	5.5

表 2－10　单相串励电动机功率、机座对应表

额定功率(W) 转速(r/min) 机座代号		4000	6000	8000	12000
36	1	8	15	25	40
	2	15	25	40	60
	3	25	40	60	90
45	1	40	60	90	120
	2	60	90	120	180
	3	90	120	180	250
56	1	120	180	250	—
	2	180	250	370	—
	3	250	370	550	—
71	1	370	550	750	—
	2	550	750	—	—
	3	750	—	—	—

第 6 节　单相电动机的铭牌数据

单相电动机的机壳上均有一块铭牌，给使用者提供了该台电动机简略而准确的重要数据。因此，铭牌是我们认识和正确使用、维修电动机的基本依据。下面是一台单相电动机的铭牌，对铭牌上的项目，现逐项说明如下：

单相电容运转异步电动机		
型号 DO_2-6312	功率 120 W	频率 50 Hz
电压 220 V	电流 0.91 A	转速 2800 r/min
定额 连续	绝缘等级 E	重量 kg
标准编号	出厂编号	出厂日期
	×××电机厂	

1. 型号

产品型号是表示产品名称、规格、型式等的代号。我国产品型号一律采用大写汉语拼音字母和数字组成。

2. 功率

指单相异步电动机在额定运行条件下，其转轴上输入的机械功率。

3. 频率

指交流电在每秒钟按周期变化的次数，我国规定的频率为 50 Hz。

4. 电压

指在额定运行状况下，电源加在单相电动机定子绕组上的端电压。

5. 电流

指单相电动机在额定电压下输出额定功率时，定子绕组的线电流。

6. 转速

指电动机在额定技术条件下运行的速度，单相异步电动机一般略低于同步转速；单相同步电动机则运行于同步转速；而单相串励电动机则以远高于同步转速的速度运行。

7. 定额

是指电动机的工作方式，一般定额分为“连续”、“短时”、“断续”三种。“连续”是表示该电动机可以在符合各项额定值下连续运行；“短时”则表示电动机只能在限定的时间内作短时运行；“断续”表示电动机只能短时运行，但可多次断续使用。“短时”和“断续”运行的电动机，其运行时间都有明确规定。如短时运行的时间限制有 10 分钟、30 分钟、60 分钟和 90 分钟几种，电动机工作到规定时间后就要停车，待电动机完全冷却后才能再次工作。

8. 绝缘等级

绝缘等级是电动机所用绝缘材料的耐热等级，电机的工作温度主要受绝缘材料耐热性能的限制。绝缘材料根据其耐热性能分为 7 级，如表 2－11 所示。

表 2－11　绝缘材料耐热等级表

耐热等级	O	A	E	B	F	H	C
允许长期使用的最高温度（℃）	90	105	120	130	155	180	>180

9. 标准号

所有产品均应符合国家规定的产品标准，并根据这一标准对电动机产品进行生产、检查、验收和使用。

10. 出厂编号与出厂日期

从出厂编号与出厂日期可以很快看出产品的生产日期，从而判断该产品的新旧程度和使用年限。也便于厂方查找产品的生产批次，便于找出质量问题。

有些电动机铭牌上还标有绕组接法、效率等。

习　题

1．是什么原因使处于图 2－1 马蹄形磁铁中的短路转子旋转起来的？
2．为什么单相绕组产生的合成转矩（即起动转矩）会等于零？
3．两相旋转磁场是怎样产生的？它主要依靠哪两个条件？
4．单相同步电动机是如何工作的？它有哪几种结构型式？
5．单相电动机主要由哪几部分组成？有哪几种起动装置？
6．单相异步电动机有哪几种类型？
7．单相异步电动机、单相同步电动机，它们与同步转速有何关系？
8．电动机的铭牌数据有何实用意义？

第 3 章　单相电动机的起动、应用及选择

从前面我们已经知道，单相异步电动机本身不具有起动转矩，故不能自行起动，而必须依靠外力来完成起动全过程。不过，单相异步电动机它一旦起动，即可朝起动方向连续不断地运转下去。

根据起动方式的不同，单相异步电动机可以分为许多不同的型式，常见的有：

(1) 罩极式电动机（又分为①凸极式；②隐极式两种)；

(2) 电阻分相式电动机；

(3) 电容分相式电动机（又分为①电容起动式；②电容运转式；③电容起动与运转式三种)。

下面将分述这些电动机的结构、特性及其起动方法等。

第 1 节　单相罩极式电动机的起动与运转

单相罩极式电动机其结构最简单，它主要分为定子和转子两大部分，均由硅钢片冲制叠压而成。罩极式电动机的转子均采用笼型结构，在用硅钢片叠成的转子铁心槽中用铝铸有笼型短路绕组。定子铁心亦用硅钢片冲压而成，主要制成凸极式和隐极式（即齿槽式）两种形式。

一、凸极式定子

容量较小的罩极电动机多采用这种形式的定子，如图 3－1 所示。凸出的磁极上装有集中式磁场线圈。每个磁极的极掌上面开有小槽，在小槽内嵌放有一个短路铜环，它罩住磁极的 1/2～1/3，这个短路铜环叫做罩极线圈。在磁极间还装有一种导磁的薄钢片，它称为漏磁片。是用来减少气隙中磁场分布曲线畸变的。

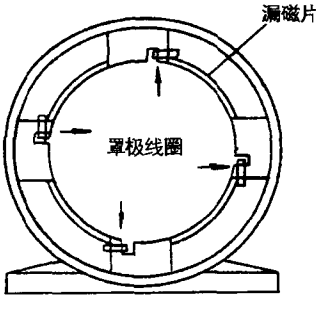


图 3－1　单相罩极式电动机定子结构图

二、隐极式（齿槽式）定子

功率较大的罩极电动机常采用这种隐极齿槽式定子。在这种定子铁心中，其绕组为分布式绕组。部分线槽内除嵌有主绕组外，还同时嵌入几匝用粗铜线绕成并自行短接的罩极线圈。一些老式风扇和鼓风机就采用这种结构，如图 3－2 所示，即为 4 极 24 槽采用罩极分布绕组的布置图。

其它型式的罩极电动机一般功率都极小，如圆盘型、框型定子的罩极电动机，它们多用于不需要多大输出功率的电度表、电唱机中。

罩极式电动机的工作原理如图 3－3 所示，定子上有凸出的磁极，主绕组就安置在这个磁极上。在磁极表面的 1/3 处开有一个凹槽，将磁极分成为大小两部分，磁极小的部分套着

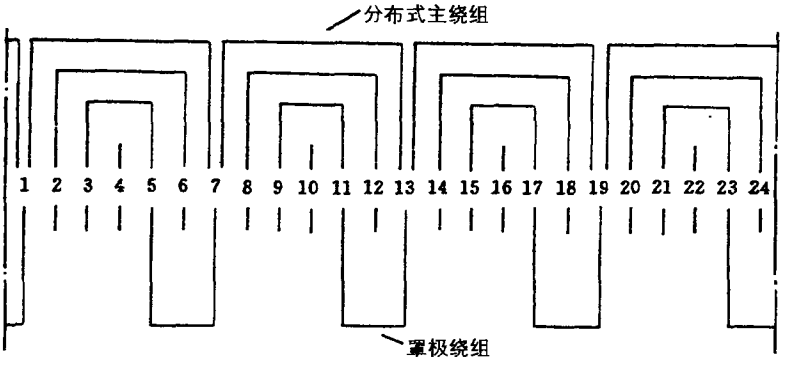


图 3 - 2　单极罩极式电动机结构示意图

一个短路铜环，将磁极的一部分罩了起来，即罩极线圈，它相当于一个辅助绕组。当定子绕组中接入单相电源后，磁极中将会产生交变磁通，穿过短路铜环的磁通，在铜环内产生一个相位滞后的感应电流。由于这个感应电流的作用，磁极被罩部分的磁通不但在数量上与未罩部分不同，而且在相位上也滞后于未罩部分的磁通。这两个在空间位置不一致，而在时间上又有一定相位差的交变磁通，就在电机气隙中构成脉动变化的一个近似的旋转磁场。这个旋转磁场切割转子后，就使转子绕组中产生感应电流。载有电流的转子绕组与定子旋转磁场相互作用的结果，转子得到起动转矩，从而使转子由磁极未罩部分向被罩部分的方向旋转。

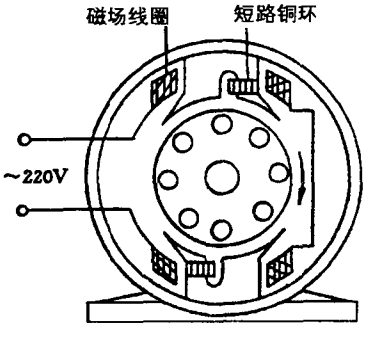


图 3 - 3　单极罩极式电动机结构示意图

罩极电动机具有结构简单、制造方便、造价低廉、使用可靠、故障率低的特点。其主要特点是效率低、起动转矩小、反转比较困难等。罩极电动机的主要特性如下：

1. 起动转矩

罩极电动机的起动转矩都很小，通常只有满载转矩的 30%～50%。因此，这种电动机应用于不需要满载起动的场合，而且只能用于带动轻负载起动的机电器械。

2. 效率

罩极电动机的效率很低，与其它型式的单相电动机比较，大约要低 8%～15%。但由于罩极电动机的输出功率都比较小，因而效率虽低些，对运行却不会构成多大影响。

3. 功率因数

由于效率低，故功率因数就比较低。但同样因电动机功率较小，所以，提高功率因数对经济运行也起不了多大作用。

4. 额定电流

罩极电动机在空载、满载和堵住时，电流的变化很小。因此，就是将转子堵住不转，电动机也不会发生任何故障。

5．额定转速

罩极电动机的转速是根据所接电源的频率及电动机定子的极数而定，其实际转速则略低于电机的同步转速。

罩极电动机多用于轻载起动的负荷。其中，凸极式集中绕组罩极电动机常用于电风扇、音响设备。隐极式分布绕组罩极电动机则用于小型鼓风机及油泵中。

第2节　单相电阻分相式电动机的起动与运转

单相电阻分相起动电动机又称为分相式电动机。它构造简单，主要由定子、转子和离心开关三部分组成。转子为铝铸笼型结构，定子采用齿槽式。如图3－4所示，定子铁心内布置有两套绕组，运行用的主绕组使用较粗的导线绕制，起动用的辅助绕组则用较细的导线绕成。一般主绕组占定子总槽数的2/3，辅助绕组占定子总槽数的1/3。主绕组长期工作在电源电路中，而辅助绕组则只在起动过程中接入电路，待电动机起动后达到额定转速的70%～80%时，离心开关就将辅助绕组从电源电路脱开，这时电动机即进入正常运行状态。

单相异步电阻分相起动电动机的定子铁心上嵌置有两套绕组，即主绕组和辅助绕组。这两套绕组在空间位置上相差90°电角度，在起动时为了使起动用辅助绕组内电流与运行用主绕组内电流，在时间上产生相位差。通常都用增大辅助绕组本身的电阻（如采用细导线），或在辅助绕组回路中串联电阻的方法来达到。如图3－5所示即为单相异步电阻分相起动式电动机的绕组接线图。

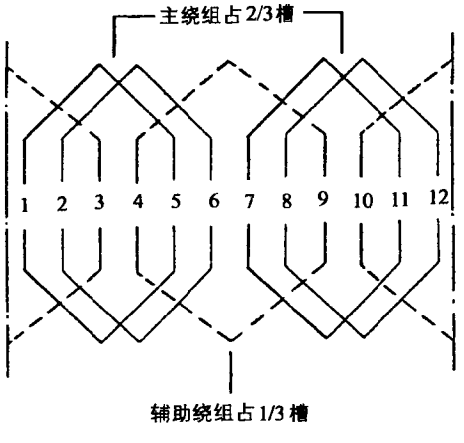


图3－4　单相分相式电动机绕组布置图

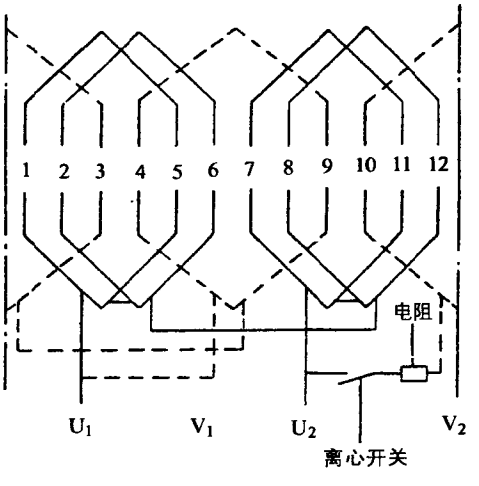


图3－5　单相电阻分相电动机绕组接线图

由于在这两套绕组中的电阻与电抗分量不同，故电阻大、电抗小的辅助绕组内的电流，将比主绕组中的电流先期达到最大值。因而在两套绕组之间产生了一定的相位差，形成了一个两相电流。从而就建立起一个旋转磁场，使转子因电磁感应作用而旋转。

从上面我们已经知道，单相电阻分相起动电动机的起动，是依赖于定子铁心上相差90°电角度的主、辅助绕组来完成的。由于要使主、辅助绕组间具有足够大的相位差，就要辅助绕组选用比主绕组细的导线来增加电阻。这就将引起辅助绕组导线的电流密度比主绕组大。

因此，辅助绕组都只能短时工作。起动过程完毕后必须立即与电源电路切断，如超过一定时间仍未切断，辅助绕组就有可能因绕组发热而烧毁。

单相电阻分相起动电动机的起动，可以用离心开关或各种类型的起动继电器去完成。如图 2－16 所示即为用电流型起动继电器起动的电阻分相起动接线图。

单相电阻分相起动电动机具有构造简单、价格低廉、故障率低和使用方便的特点，其主要特性如下：

1．起动转矩

电阻分相起动电动机的起动转矩一般是满载转矩的两倍，因此它的应用范围非常广，如电冰箱、空调器等的配套电动机，均大量采用该种电动机。

2．额定转速

电阻分相起动电动机的转速很稳定，它的转速高低随电动机极数和电源频率而变。同时，电动机负载的大小也能使转速起到微弱的影响。并且其加速过程很快，不到一秒钟即可达到额定转速。

3．效率

电阻分相起动电动机的效率因设计性能、容量大小和转速高低而异。通常约为 50%～60%。

4．功率因数

电阻分相起动电动机的功率因数，也随电机的设计性能、容量大小、转速高低而不同，一般在满载时约为 0.5～0.6。因此，电动机在接近满载时运行最经济。

5．起动电流

起动电流大则是电阻分相起动电动机的一大缺点，其起动电流一般约为满载电流的 6～7 倍，对电源网路有一定的冲击。

6．过载容量

电阻分相起动电动机过载时其温升都很高，将对电动机的运行带来不利影响。因此，一般过载容量不得超过满载转矩的 25%，时间不超过 5 分钟。

单相电阻分相起动电动机具有中等起动转矩和过载能力，它适用于低惯量负载、不经常起动、负载可变而转速要求基本不变的场合，如小型车床、鼓风机、电冰箱压缩机、医疗器械等。

第 3 节　单相电容式电动机的起动与运转

单相电容电动机分为三种：(1)电容起动式；(2)电容运转式；(3)电容起动与运转式。电容式电动机和相同功率的电阻分相起动电动机，在外形尺寸、定、转子铁心、绕组、机械结构等方面都基本相同，只是在绕组的设计参数上有所调整，以及增加了 1～2 只电容器而已。

从前面所述我们知道，单相异步电动机中，它的定子有两套绕组，且在空间位置上相隔 90°电角度。因此在起动时，接入在时间上具有不同相位的电流后，产生了一个近似两相的旋转磁场，继而使电动机转动。

在电阻分相起动电动机中，主绕组电阻较小而电流较大，辅助绕组则电阻较大而电流较小，也就是为了利用这个原理。因此，辅助绕组中的电流大致与线路电压是同相位的。但在

实际上，每套绕组的电阻和电抗不可能完全减少为零。因此，两套绕组中电流的90°相位差是不可能真正获得的。从实用出发则只要相位差足够大时，就能产生近似的两相旋转磁场，从而使转子转动起来。

而如果在单相异步电容式电动机的辅助绕组中串联一只起动电容器，这时辅助绕组内电流的相位就会比电源线路的电压相位超前。如将绕组和电容器的电容量设计适当，两套绕组就可以达到真正意义上90°相位差的最佳状况，这样就改进了电动机的起动性能。图3－6所示为单相电容起动电动机绕组接线图。

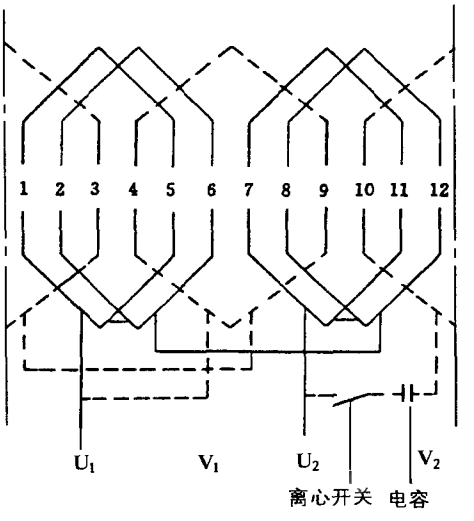


图3－6　单相电容起动电动机绕组接线图

但在实际上，起动时定子绕组内的电流大小还随转子的转速而改变。因此，如要使它们在这段时间内仍保有90°电角度的相位差，那么电容器电容量的大小就必须随转速和负载而改变。显然，这种办法实际上是做不到的。基于这个原因，根据单相电动机所拖动的负载特性而将电动机作适当设计，这样就有了上面提到的几种型式的单相异步电容式电动机。

单相异步电容分相式电动机根据其起动和运行方式的不同，分为以下三种类型。

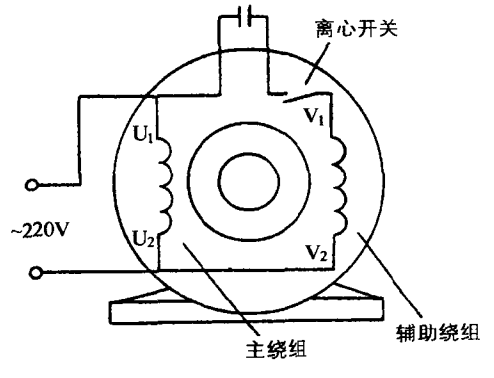


图3－7　单相电容起动式电动机接线圈

1．电容起动式电动机

如图3－7所示，电容器经过离心开关后接入起动用辅助绕组。主绕组的出线端U_1、U_2与辅助绕组的出线端V_1、V_2经并联后接通电源，电动机即行运转。当转速达到额定转速的70％～80％时，离心开关动作，切断辅助绕组的电源，只留下主绕组继续工作在电源电路上。

在这种电动机中，电容器一般装在机座顶上，由于电容器只在极短的几秒钟起动时间内工作，故可采用电容量较大、价格较便宜的电解电容器作起动电容器。为加大起动转矩，其电容量可适当选大些。

2．电容运转式电动机

如图3－8所示，电容器与起动用辅助绕组中没有串接起动装置。因此，电容器与辅助绕组将和主绕组一道长期运行在电源线路上。

在这类电动机中，要求电容器能长期耐较高的工作电压，故必须使用价格较贵的纸介或油浸纸介电容器，而绝不能采用电解电容器。

电容运转式电动机省去了起动装置，从而简化了电动机的整体结构，降低了综合成本，提高了运行可靠性。同时由于辅助绕组也参与长期运行，这样也就实际增加了电动机的输出功率。

3．电容起动与运转式电动机

如图 3－9 所示，这种电动机兼有电容起动和电容运转两种电动机的特点，起动用辅助绕组经过运行电容 C_1 与电源接通，并经过离心开关与容量较大的起动电容 C_2 并联。接通电源时，电容器 C_1 和 C_2 串接在起动用辅助绕组回路中。这时电动机开始起动，当转速达到额定转速的 70％～80％时，离心开关 S 动作，将起动电容 C_2 从电源线路切除，而运行电容 C_1 则仍留在电源线路上运行。显然，这种电动机需要使用两只电容器，并且还要装设起动装置，因而结构复杂、也增加了成本，这是它最大的缺点。但其优良的起动与运转特性却也是其它型式单相异步电动机无法达到的。

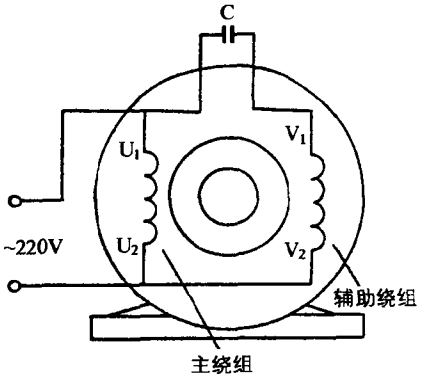


图 3－8　单相电容运转式电动机接线图

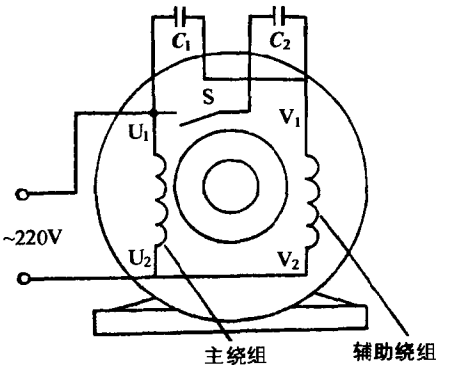


图 3－9　单相电容起动与运转电动机接线图

在电容起动与运转式电动机中，也可以不用两只电容量不同的电容器，而改用一只电容器和一只自耦变压器。如图 3－10 所示，起动时跨接于电容器两端的电压增高，使电容器的有效电容量比运转时大 4～5 倍，正好符合起动时对大电容量的需要。这种电机用的离心开关是双掷式的，电动机起动后，离心开关接至 S 点，从而降低了电容器的电压和等效电容量，以适应电动机正常运行的需要。

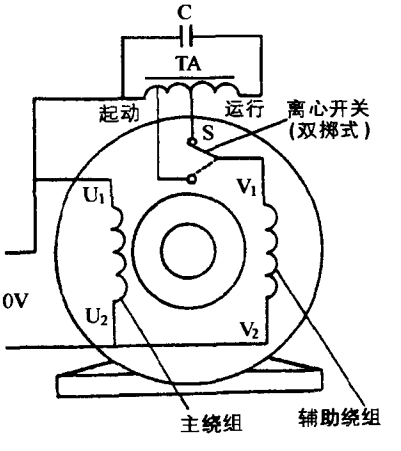


图 3－10　电容器和自耦变压器组合起动接线图

单相异步电容式电动机三种类型的特性及用途如下所述。

（1）单相电容起动式电动机

这种电动机具有较高的起动转矩，一般能达到满载转矩的 3～5 倍，故可适用于需要满载起动的场合。由于它的电容器和辅助绕组只在起动时接入电源电路，所以它的运转特性均与同等功率并有相同设计的电阻分相起动电动机基本相同。例如转速因负载不同而变化，以及功率因数、效率、过载容量的变化等。

单相电容起动式电动机多用于电冰箱、水泵、小型空气压缩机，以及其它需要满载起动

的电器和机械。

（2）单相电容运转式电动机

这种电动机的起动转矩较低，但功率因数和效率均比较高。它体积小、重量轻、运行平稳、振动与噪声小、可反转和能调速。因而适用于直接与负载联接成一个整体的机械、电器，如电风扇、通风机、录音机及各种空载或轻载起动的机械。但不适于空载或轻载运行的负载。

（3）单相电容起动与运转式电动机

这种电动机具有较好的电动性能，以及较高的功率因数、效率和过载能力，并且可以调速。它适用于要求带负载起动和低噪声的场合，如小型机床、水泵、家用电器等。

单相电容式电动机的起动电容及运转电容的电容量可参考表 3－1 所示的数据进行选配。

表 3－1　单相电容式电动机起动电容及运转电容选配表

功率（W）	15		25		40		60		90		120		180		250	370	550	750
极　数	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4				
运转电容（μF）	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6				
起动电容（μF）											75	75	75	75	100	100	150	200

第 4 节　单相同步电动机的起动与运转

从前面我们已经知道，单相同步电动机的定子结构和单相异步电动机相似，并且其作用也是用来产生一个旋转磁场，它们的差异仅存在于转子结构上。因此，单相同步电动机的起动方式与单相异步电动机也是相同的，即也可以采取电阻或电容分相起动。常用的起动与运行方式如图 3－11 所示，分为：（1）电容起动式；（2）电容运转式；（3）电容起动与运转式三种。

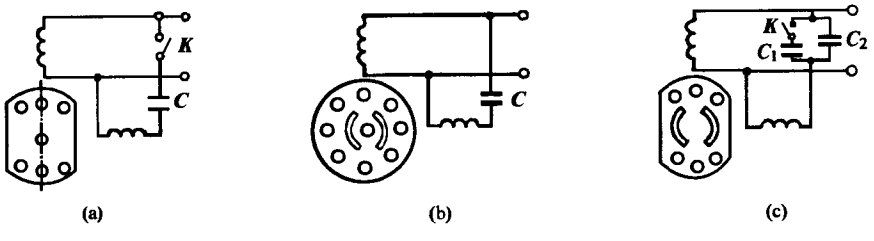


图 3－11　单相同步电动机的运行线路图

第 5 节　单相电动机的特性、应用及选择

合理选择和正确使用各种类型的单相电动机是保证正常运行的两个重要环节。所谓合理选择，就是指按照电动机负载的特定运行条件，去选定能满足其要求的最经济的电动机；而正确使用，则是指应根据电动机的使用、维护要求和其运行特性去进行安装、运行和维护。因此，熟悉和掌握单相电动机的特性，使其与起动不同定额的负载和变速、调速等负载条件相适应，就能更有效地使用电动机和避免发生故障。表 3－2、表 3－3 所示即为几种常用单相电动机的性能、应用对比表。

表 3－2　几种常用单相电动机的性能、应用对比表（一）

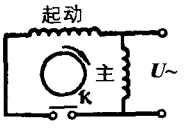
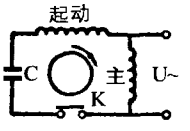
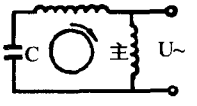
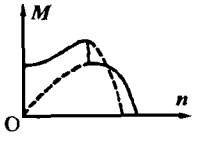
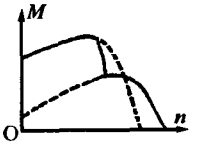
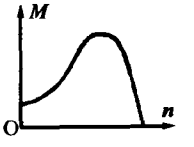
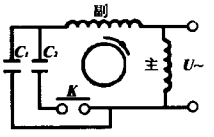
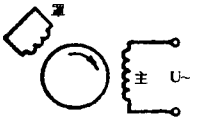
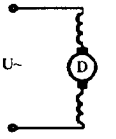
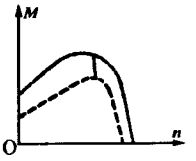
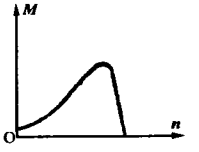
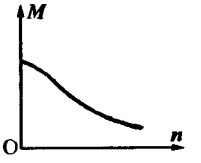
比较项目 \ 电动机		分相电动机	电容起动式电动机	电容运转式电动机
电动机结构	定子绕组的组成	主绕组、辅助绕组	主绕组、辅助绕组	主绕组、辅助绕组
	转　子	鼠笼式	鼠笼式	鼠笼式
	起动装置	起动继电器或离心开关	起动继电器或离心开关	—
	辅助装置	—	起动用电容器	运转用电容器
	等效电路			
电动机特性	起动电流 I_n/I_H	6～7	4～5	3～5
	转矩特性曲线			
	起动转矩（M_n/M_H）	1.2～2	2.5～3.5	0.3～1
	功率因数	0.4～0.75	0.4～0.75	0.7～1
主要优缺点		1. 价格低，应用广泛； 2. 起动电流大，起动转矩较小	1. 造介稍高； 2. 起动电流较大，起动转矩较大	1. 无起动装置，构造较简单，工作可靠； 2. 功率因数较高； 3. 起动转矩小
应用范围		1. 单相鼓风机； 2. 用作起动转矩较小的一般动力，如钻床、研磨机、搅拌机等	1. 起动转矩要求大的场合； 2. 用于井泵、冷冻机、压缩机等	1. 起动转矩小的场合，如电风扇； 2. 起动与停止频繁的场合； 3. 需要正反转的机械

表3-3 几种常用单相电动机的性能、应用对比表（二）

比较项目 \ 电动机		电容起动电容运转式电动机	罩极式电动机	单相串励式电动机
电动机结构	定子绕组的组成	主绕组、辅助绕组	主绕组、罩极绕组	励磁绕组
	转　子	鼠笼式	鼠笼式	鼠笼式
	起动装置	起动继电器或离心开关	—	—
	辅助装置	起动和运转用电容器	—	—
	等效电路			
电动机特性	起动电流 I_n/I_H	4～5	2～4	6以上
	转矩特性曲线			
	起动转矩（M_n/M_H）	2.5～3.5	0.3～0.8	3～6
	功率因数	0.8～1	0.4～0.75	0.7～0.8
主要优缺点		1. 附件多，结构复杂，价格较高； 2. 起动电流较大； 3. 功率因数高	1. 结构最简单，价格低，工作可靠； 2. 起动转矩最小； 3. 效率低	1. 起动转矩很大，起动电流大； 2. 转速高，体积小； 3. 转子结构复杂； 4. 价格贵
应用范围		1. 要求起动转矩大的机械； 2. 要求功率因数高的场合	1. 功率小，要求起动转矩小的场合； 2. 多用于电风扇、电唱机、仪器仪表等	1. 要求起动转矩大，或转速高的机械； 2. 多用于吸尘器、手提电动工具等

正确选择、使用单相电动机除应掌握电动机的基本性能外，还必须了解电动机的运行条件。即电动机工作的环境条件、电源条件和负载条件，现分述如下：

1. 环境条件

环境条件是指电动机工作地点的海拔高度、环境温度必须符合技术条件的规定。其防护能力也应与其工作场所的周围环境条件相适应。

2. 电源条件

单相电动机铭牌上标示的频率、相数和电压均应与电源基本相符。当电压为额定值时，频率与额定值的偏差不得超过±1%。在频率为额定值时，电压与其额定值的偏差不允许超过±5%。当电源电压额定而频率低于额定值时，电动机的最大转矩将会增大，起动转矩也将增大。但功率因数将降低，转速和效率均将下降，温升也会稍有升高。当电源频率为额定值而电压低于额定值时，电动机的最大转矩和起动转矩都将减小，但温升也将增高。

3. 负载条件

为了防止单相电动机发生不必要的故障。在选定电动机时，对于负载还必须仔细考虑以下事项：

(1) 负载的工作类型（连续工作、短时工作、断续工作、变负载工作等）；

(2) 负载的转速—转矩特性；

(3) 负载所需功率、转速的大小；

(4) 负载转动惯量的大小，制动方式（是否需要快速制动）等；

(5) 负载所需要的起动方式（全压起动、降压起动，以及是否手动或自动或遥控等）。

总之，只有严格按照负载的特定运行条件，去选择性能符合要求的单相电动机，才能确保电动机长期、安全、经济地运行。

习　题

1. 单相罩极式电动机有哪两种型式？它们分别采用什么绕组？
2. 简述单相罩极式电动机的工作原理及结构？
3. 单相电阻分相起动电动机的定子绕组有何特点？它们是怎样工作的？
4. 单相电阻分相起动电动机有哪些特点和用途？
5. 单相电容式电动机有哪几种型式？其性能怎样？
6. 单相电容式电动机有何特点和用途？
7. 怎样选择电动机的起动电容器和运转电容器？
8. 单相同步电动机有哪几种起动与运行方式？
9. 怎样合理选择和正确使用单相电动机？

第 4 章　单相电动机的绕组及其联接

单相电动机的定子铁心上通常均安置有两套绕组（罩极式、串励式除外），一套为运行用的主绕组，另一套为起动用的辅助绕组，它们都称为定子绕组。接入电源后，定子上的主、辅两套绕组共同在气隙中建立起一个旋转磁场，并在转子绕组内感应产生电势和电流，与转子作用后再产生电磁转矩，完成电能与机械能的转换。因此，绕组是电动机中最复杂而又最易损坏的极重要部件。

单相电动机的定子绕组除罩极式和串励式电动机多采用集中绕组外，其它类型的单相电动机均使用分布绕组。常用的绕组型式有单层绕组、双层绕组、单双层混合绕组和正弦绕组等类型。下面将分述绕组的常用名词、含义以及各类绕组的构成、特点和接法。

第 1 节　绕组的基本概念及名词含义

一、机械角度

用于嵌置定、转子绕组的定、转子铁心均为圆形，它们均具有不变的 360°机械角度，如图 4－1 所示。牢记这一点对我们了解机械角度与电角度的关系，以及掌握绕组的构成规律都是极为有益的。

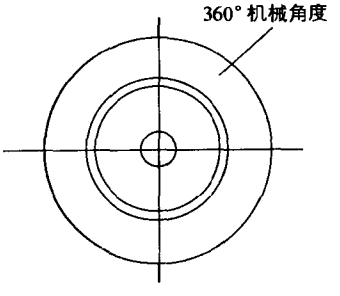


图 4－1　定转子铁心机械角度示意图

二、电角度

如图 4－2 所示，单相正弦交流电正负变化一周或经过磁场 $N\sim S$ 一对磁极，它们都具有 360°电角度。现从磁场来看，由图中 A 点旋转一周回复到 A 点，即经过了 360°空间机械角度，同时从电的方面来说它也完成了正负一周的变化，就是说也经过了 360°电角度。由此可知，在这种一对磁极的情况下，电角度和空间机械角度是相等的。

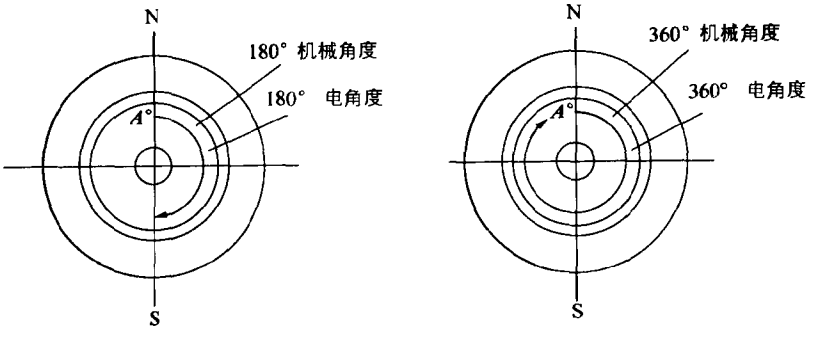


图 4－2　2 极磁场电角度示意图

如果是4极电动机，就是指在定子铁心内圆上均匀分布着两对磁极，如图4－3所示，当沿铁心内圆转动时，每经过一对磁极，从电的方面来看就完成了正负一个周期的变化，即转过了360°电角度。在沿铁心内圆转一周时，转过的空间机械角度虽仍是360°。但从电的方面却完成了两周的变化，其转过的电角度就应该是：

$$\alpha = 360° \times 2 = 720°$$

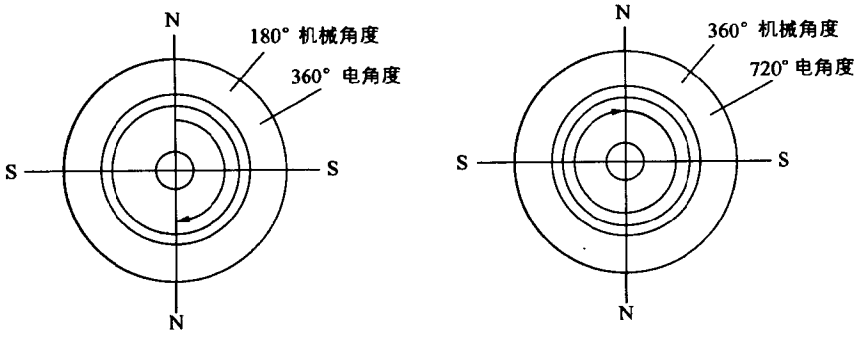


图4－3　4极磁场电角度示意图

因此，对于有 p 对磁极的电动机来说，铁心圆周的空间机械角度虽然仍为360°，而对应的电角度则将是

$$\alpha = 360° \times p$$

由上式求得的电角度 α 是铁心整个圆周的电角度。而在绕组的分析中我们还常用到“槽间电角度”，即指铁心相邻两槽中心间隔的电角度。它也等于每槽所占的电角度，其计算公式为：

$$\alpha' = \frac{360° \times p}{z}$$

式中　α'——槽间电角度（也叫每槽电角度）；

p——磁极对数；

z——定子铁心总槽数。

三、极距 τ

极距是指两个相邻磁极轴线之间的距离，用字母“τ”表示。极距的大小有两种表示方法，一种是以每磁极所占铁心圆周表面长度（cm）表示；另一种则以在铁心上所占槽数来表示。即：

$$\tau = \frac{\pi D}{2p} \text{（cm）}$$

$$\tau = \frac{z}{2p} \text{（槽）}$$

式中　D——定子铁心内径，转子铁心外径；

z——定、转子槽数；

p——极对数。

当以槽数表示极距时，习惯上以从第×槽至×槽来表示。例如一台4极24槽的电动机的极距为24÷4＝6槽，即极距为6槽，就是从第1槽至7槽。图4－4所示为电动机极距示意

图。

四、节距 y

节距是指单个线圈元件两条有效边之间所跨占的槽数（也叫跨距），其表示方法与极距相似。例如节距 $y=6$ 槽，即节距为 6 槽，就是线圈元件两条边分嵌在第 1 槽和 7 槽。

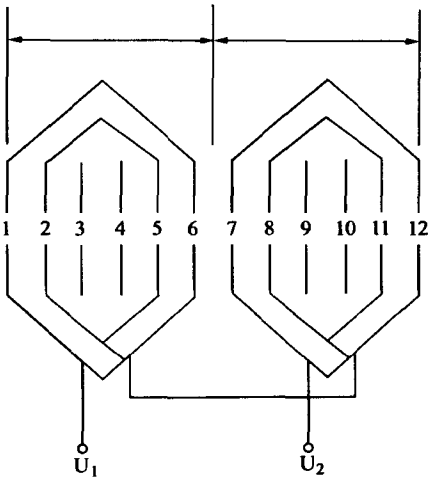


图 4－4　单相电动机极距示意图

五、每极每相槽数 q

每极每相槽数是指在每一磁极下每相所占有的槽数，用字母 q 表示。每极每相槽数等于：

$$q=\frac{z}{2pm}$$

式中　z——定子槽数；

$2p$——磁极数；

m——相数。

六、线径

指绕制电动机线圈所用电磁线的直径。用符号 Φ 表示。

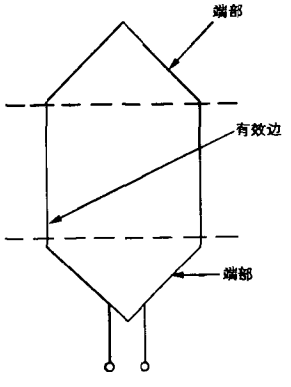


图 4－5　梭形线圈示意图

七、并绕根数

指依电动机绕线模同时并行绕制的电磁线根数，如 2 根并绕、3 根并绕等。

八、线匝

指一根或若干根电磁线绕电动机绕线模一周为一线匝。如一根电磁线绕线模一周为一线匝，而两根或若干根电磁线同时绕线模一周则仍为一线匝。

九、线圈

由一线匝或若干线匝串绕而成的一束线匝叫做线圈，线圈是电动机绕组的基本元件。图 4－5 所示为电动机分布式绕组中常用的梭形线圈示意图。图中线圈的两条直线部分称为线圈的有效边，它嵌入铁心槽内直接参与电机的电磁能量转换。而线圈的两个端接部分则仅起联接两有效边的作用。

十、极相组

又称线圈组，指在一相中形成同一个磁极的一个线圈、或若干个线圈串联而成的线圈组，就称为极相组。如图 4－6 所示为三个线圈组成的极相组示意图。

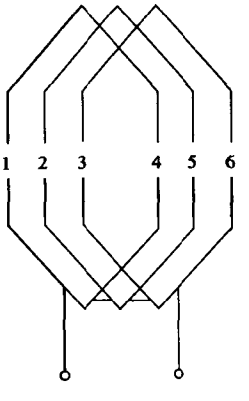


图 4－6　极相组示意图

十一、并联支路

指由一个或若干个极相组联接而成的部分绕组。在单相电动机中由于其额定功率均比较小，通常在采用支路后即能

达到要求。图 4－7 所示为 4 极 2 路接法的示意图。图中 U 相的 4 个极相组被分接成两条支路，而再并联起来接成相绕组。

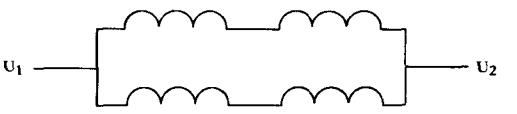


图 4－7　并联支路示意图

十二、相绕组

指由一条或若干条并联支路联接而成的一大部分绕组。在单相电动机中通常具有主、辅助两套绕组，分别作为起动与运行用。个别类型的单相电动机还另外增加有第三套绕组作为调速绕组。

第 2 节　单相电动机绕组的类型

从前面我们已经知道，单相电动机的转子绕组多采用鼠笼绕组，而定子绕组则有集中式和分布式两类。在单相罩极式电动机中采用的就是集中式绕组，它的定子铁心上有凸出的磁极，定子绕组就绕在这些凸极上，如图 4－8 所示。集中式绕组结构简单，接线也很容易。但它所产生的磁场在电机内的分布很不理想，对电动机的工作性能有很坏的影响。因而除在小功率电动机中还有所采用外，多数单相电动机均已很少采用这种绕组型式。现在单相电动机中应用最多的则为分布式绕组。这种绕组的线圈按照一定的规律分布嵌放在定子铁心圆周的槽内，然后按规定的接法联接起来。现将分布式绕组常用的类型简述如下。

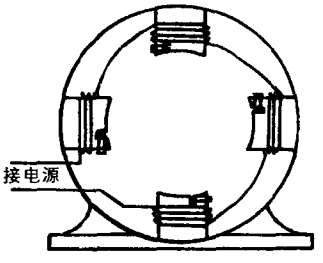


图 4－8　罩极式 4 极电动机绕组示意图

一、单层叠绕组

单层叠绕组就是在每个槽内只嵌入一个线圈的一条有效边，所以这种绕组的线圈数是电动机定子槽数的一半。单层叠绕组各个线圈的节距都是相等的，因而绕组的每一个线圈其形状大小均相同，并且它每个线圈的末边都返回邻近的下一个线圈的起始边，整个绕组形成相互重叠的形态，所以把这种绕组称为叠绕组或等元件绕组。又因其绕组端部环环相扣极似链条，故又称单层链形绕组，如图 4－9 所示。

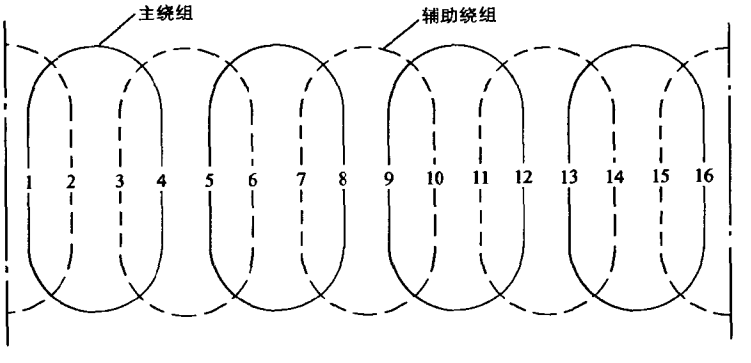


图 4－9　单层叠绕组线圈布置图

与三相绕组不同的是，单相单层叠绕组没有自动消除三次谐波的能力，而三次谐波对单相电动机来说又危害极大。但如果我们将主绕组只分布于2/3的定子槽中，则主绕组中的三次谐波将自动消除，同时还可大大提高其绕组的分布系数，从而可节省电磁线的用量近20%，而绕组承受电压的能力和磁效应均无重大影响。因此，在单相电动机中定子主、辅绕组所占槽数的比例通常均按2:1分配。对于电容运转式电动机因其辅助绕组在电动机起动后并不脱离电源，而是仍将继续运行。故这种电动机的主、辅绕组所占定子槽数可以是相等的，即主、辅绕组各占槽数的一半。

单相单层叠绕组根据其绕组布置不同又稍有区别，现以一台4极24槽单相电动机的一半绕组为例来说明其绕组的布置。

图4－10所示为采用全节距时的绕组布置图，其节距为 $Y=24$ 槽 $\div 4=6$ 槽，为偶数。图中可见，主绕组应占有24槽 $\times \frac{2}{3} \div 2=8$ 槽的定子槽数，具有4个线圈。辅助绕组占有24槽 $\times \frac{1}{3} \div 2=4$ 槽的定子槽数，具有2个线圈。因节距为偶数，所以在嵌线时，应先把同一极相组的两个线圈边依次嵌入相邻的两槽内，然后顺序隔两个槽嵌入两个主绕组线圈，直至嵌完主绕组全部4个极相组。接下来再将辅助绕组的4个线圈，分别嵌入留下的1/3定子槽中。

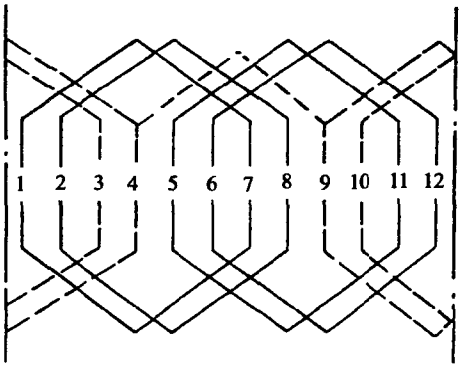


图4－10　全节距单层叠绕组布置图

为了缩短绕组的端接部分以提高电动机电气性能，常采用短距绕组。如图4－11所示为采用短距绕组时的展开布置图，仍以4极24槽单相电动机为例，其节距取 $Y=5$，即比全节距时缩短了1槽而成为矩距绕组。由于线圈节距5为奇数，嵌线则要求取隔槽嵌线方法。即嵌1个线圈入槽后，要隔1个空槽后再嵌入下个线圈，这样依次进行直至嵌完全部线圈。

这台单相4极24槽的电动机绕组还可以采用如图4－12所示的分离式布置形式。此时，电动机的绕组排列明显地分为两部分，其端部分布也不像图4－10、图4－11那样均匀，但这种绕组却可以使电动机方便地制成分割式定子，以用于某些特定的场合。

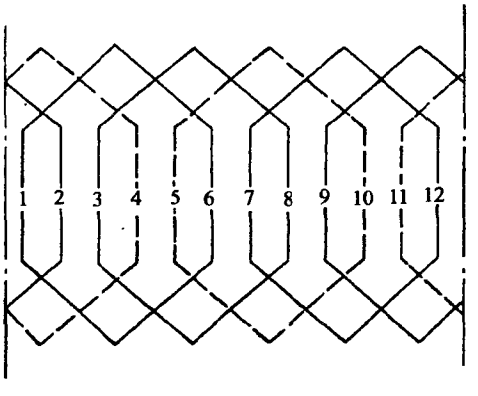


图4－11　短节距单层叠绕组布置图

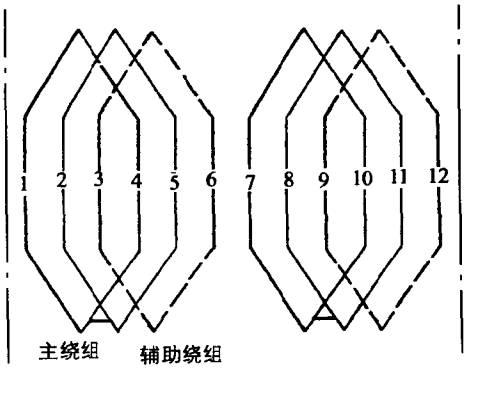


图4－12　分离式单层叠绕组布置图

上述几种单相单层叠绕组的布置形式虽各有差异，但它们的电磁作用却都是相同的。

二、单层同心式绕组

如图 4－13 所示，同心式绕组是由几个节距不同而轴线相互重合的线圈串接组成。它是一种采用短距线圈的全距绕组。其主、辅绕组分别布置在槽的上下层，一般都将辅助绕组嵌放于上层。这种绕组由于在嵌线时不用将部分线圈边吊把，所以嵌线较为简便，修理辅助绕组也较为容易。因此，在单相电动机中同心式绕组是应用比较多的绕组。根据布置和联接方式的不同，单相同心式绕组可以分成图 4－14 和图 4－15 两种型式。前者为老式同心绕组，其明显的缺点是线圈端部较长，因而耗料多增加了成本，并且使定子绕组的电阻和漏抗增大，导致电动机的性能变差。而分组同心式绕组则由于端部的缩短，正好克服了老式同心绕组的上述缺点。因此，单相电动机中现在更多采用的是这类同心绕组。

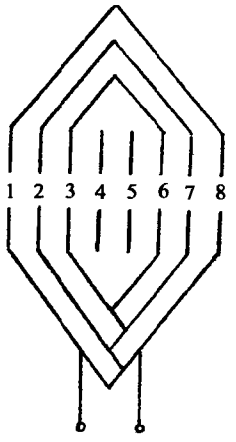


图 4－13　单层同心式绕组的极相组

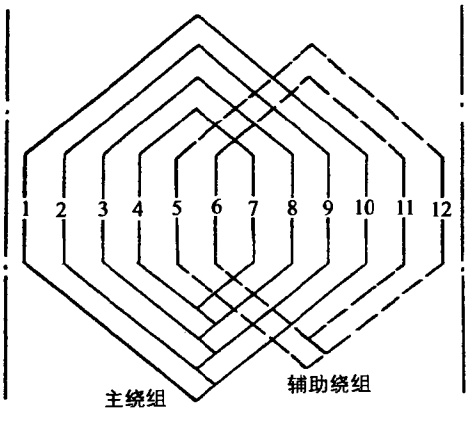


图 4－14　单层同心式绕组布置图

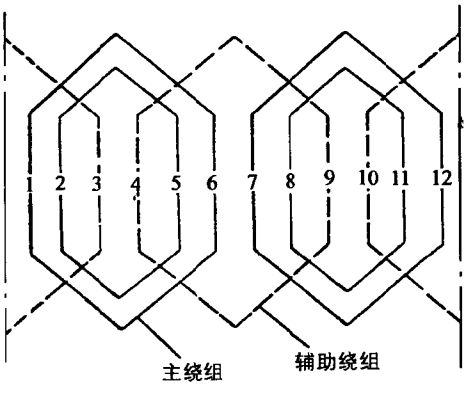


图 4－15　单层分组同心式绕组布置图

三、单层交叉式绕组

当单相电动机每极每相槽数 q 等于奇数时，还经常用到一种单层交叉式绕组，如图 4－16 所示。现仍以一台 4 极 24 槽单相电动机为例来说明这种绕组的布置。从图中可以看出，其

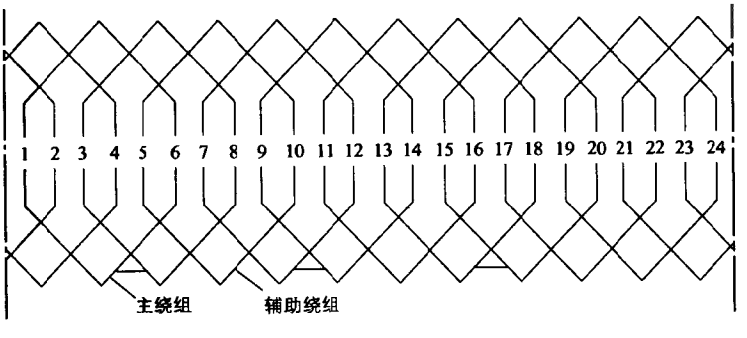


图 4－16　单层交叉式绕组布置图

主、辅绕组均由两组两个线圈和 1 个线圈的极相组构成。主、辅绕组均按每嵌一组两个线圈的极相组以后，再接着嵌一组一个线圈的极相组。以这样交叉嵌置的方式分别先后嵌完全部主、辅绕组。

这种单层交叉式绕组具有端部较短的优点，因而它节省电磁线降低了成本，同时还因减少了线圈电阻而降低铜损。在电容运转式电动机中该类绕组得到广泛使用。

四、双层叠绕组

如图 4－17 所示为单相双层绕组展开图，今仍以 4 极 24 槽单相电动机为例来说明。通常为消除磁场中三次谐波的不利影响，单相双层叠绕组均应采用缩短 1/3 节距的短距绕组，即如图中线圈节距由全节距时的 6 槽（1－7 槽）缩短至 1/3 短距时的 4 槽（1－5 槽）。这种绕组虽具有较好的 起动性能，但由于单相电动机都比较小，其定子铁心内径也小，致使绕组嵌线较为困难，故在单相电动机所用绕组中已较少采用。

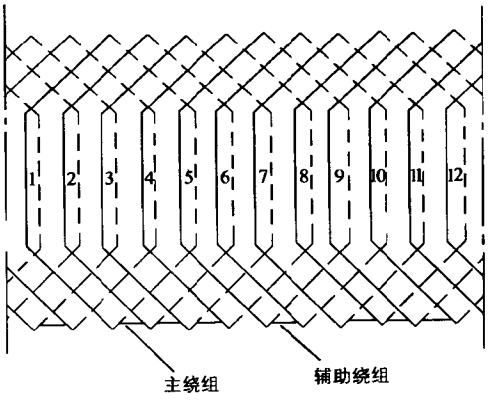


图 4－17　双层叠绕组布置图

五、正弦绕组

正弦绕组是一种高精度的特殊绕组，早期仅应用于自动控制用电动机。近年来已逐渐普及于一般用途的单相电动机中，正弦绕组能消除三次谐波，并能有效地削弱 5、7 次谐波，使气隙磁通的分布尽可能接近正弦形，从而降低杂散耗、提高效率、改善起动性能，保证电动机具有优良的运行特性。下面将对正弦绕组的构成及其匝数分配作些简要介绍。

1．绕组构成

正弦绕组是将定子铁心槽中的导线数按照一定的规律来分布，同一极下各槽的导线数不相等来达到的。如图 4－18 所示为正弦绕线各槽导线分布情况（以主绕组槽内导线数最多的为 100%）。从图中我们可以看出，正弦绕组的主、辅绕组所占槽数不是按照 2:1 的比例来分布，而是将主、辅绕组的导线按不同数量比例分布于定子铁心圆周的槽中。从图中我们不难看出主、辅绕组依正弦规律分布的明显特征。图 4－19 所示为与其对应的绕组展开图。由于单层叠绕组和双层叠绕组这些等元件绕组，不能在线圈尺寸、匝数分配等方面满足正弦绕组的要求，因此，正弦绕组使用的是与其极为相似的同心式绕组。

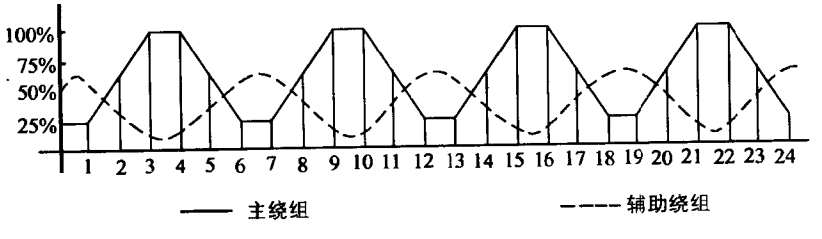


图 4－18　4 极 24 槽正弦绕组各槽导线的分布

2．匝数分配

由上面我们知道，在正弦绕组中组成一极的各个同心线圈的匝数是不相等的，各同心线

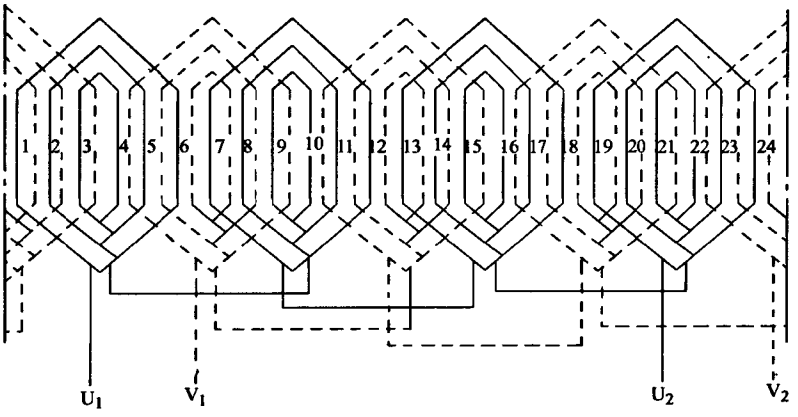


图 4－19　4 极 24 槽正弦绕组展开图

圈的匝数可按下述方法计算。

(1) 计算各同心线圈节距之半的正弦值

$$\sin\ (x-x)\ =\sin\frac{y\ (x-x)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}$$

式中　$\sin\ (x-x)$ ——某一同心线圈的正弦值；

$y\ (x-x)$ ——该同心线圈的节距；

π——每极电角度（$\pi=180°$）；

τ——极距（槽）；

$\frac{\pi}{\tau}$——每槽电角度。

(2) 每极内各线圈节距之半的总正弦值

$$\Sigma\sin\ (x-x)\ =\sin\ (x_1-x_1)\ +\sin\ (x_2-x_2)\ +\cdots+\sin\ (x_n-x_n)$$

式中　$\Sigma\sin\ (x-x)$ ——每极线圈总正弦值

(3) 各同心线圈占每极线圈的百分数

$$n\ (x-x)\ =\frac{\sin\ (x-x)}{\Sigma\sin\ (x-x)}\times100\%$$

式中　$n\ (x-x)$ ——某一同心线圈占每极线圈的百分数（%）。

(4) 每个同心线圈的匝数

$$w\ (x-x)\ =w_z\times\frac{\sin\ (x-x)}{\Sigma\sin\ (x-x)}\ (匝)$$

式中　$w\ (x-x)$ ——每个同心线圈的匝数；

w_z—— 一个极相组内同心线圈的总匝数。

现以一台 4 极 24 槽单相电动机为例，来说明上述计算方法。

如图 4－20、4－21 所示正弦绕组可分为同心式和单双层混合式。此时电动机的极距 τ 应为：

$$极距\ \tau=\frac{z}{2p}=\frac{24}{4}=6\ (槽)$$

在图 4－20 中，每极由 3－4 槽、2－5 槽、1－6 槽内的三个同心线圈组成，其节距分别

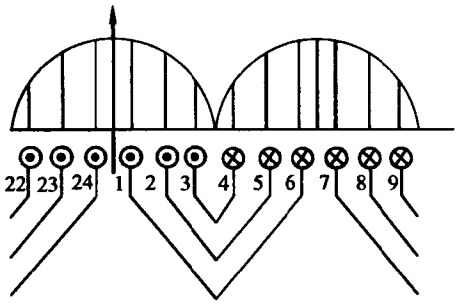


图 4-20　正弦绕组单层同心式布置

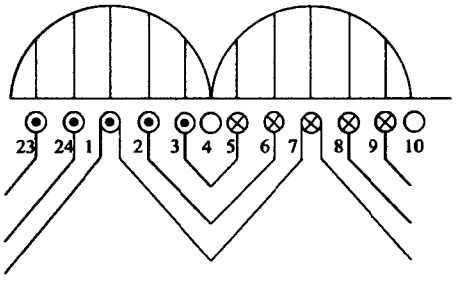


图 4-21　正弦绕组单双层混合布置

为 $Y=1$（3－4 槽）、$Y=3$（2－5 槽）、$Y=5$（1－6 槽）。各同心线圈占每极线圈匝数的百分数计算如下：

（1）$\sin(x-x)$

$$\sin(3-4)=\frac{Y(3-4)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{1}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin15^\circ=0.259$$

$$\sin(2-5)=\sin\frac{3}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin45^\circ=0.707$$

$$\sin(1-6)=\sin\frac{5}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin75^\circ=0.966$$

（2）$\Sigma\sin(x-x)$

$$\Sigma\sin(x-x)=\sin(3-4)+\sin(2-5)+\sin(1-6)$$
$$=0.250+0.707+0.966=1.932$$

（3）$n(x-x)$

$$n(3-4)=\frac{\sin(3-4)}{\Sigma\sin(x-x)}\times100\%=\frac{0.259}{1.932}\times100\%=13.4\%$$

$$n(2-5)=\frac{\sin(2-5)}{\Sigma\sin(x-x)}\times100\%=\frac{0.707}{1.932}\times100\%=36.6\%$$

$$n(1-6)=\frac{0.966}{1.932}\times100\%=50\%$$

从上述计算可见，最中间两槽（3－4 槽）所占的比例不多，为简化绕线工艺和提高槽满率，可以将这两槽空出来专供嵌放辅助绕组，而 1 槽和 6 槽则全部嵌放主绕组。这样每极就只有（2－5）、（1－6）两个同心线圈，总正弦值为：

$$\Sigma\sin(x-x)=0.707+0.966=1.673$$

则各同心线圈占每极线圈匝数的百分数应为；

$$n(2-5)=\frac{0.707}{1.673}\times100\%=42.3\%$$

$$n(1-6)=\frac{0.966}{1.673}\times100\%=57.7\%$$

同样，也可以计算出图 4－21 所示的各同心线圈占每极线圈匝数的百分数。但是应注意同心线圈 $n(1-7)$ 的匝数只能占计算值的一半，另一半应放在相邻的极面下，即：

$$\sin(3-5)=\sin\frac{y(3-5)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{2}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin30^\circ=0.5$$

$$\sin(2-6)=\sin\frac{y(2-6)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{4}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\sin60^\circ=0.866$$

$$\sin(1-7)=\frac{1}{2}\sin\frac{y(1-7)}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\frac{1}{2}\sin\frac{6}{2}\times\frac{180^\circ}{6}=\frac{1}{2}\sin90^\circ=0.5$$

$$\Sigma\sin(x-x)=0.5+0.866+0.5=1.866$$

$$n(3-5)=\frac{0.5}{1.866}\times100\%=26.8$$

$$n(2-6)=\frac{0.866}{1.866}\times100\%=46.4\%$$

$$n(1-7)=\frac{0.5}{1.866}\times100\%=26.8\%$$

在极距 $\tau=6$ 槽的单相电动机中，采用图 4－21 的布置比较适合。正弦绕组每个同心线圈的匝数均可通过上述公式求出，同时也可以根据表 4－1 所示的常用正弦绕组分布表来查出。

表 4－1　常用正弦绕组分布表

序号	绕组系数	每极槽数	每极绕组分布槽号																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0.75	3	50	50	5	50															
2	0.828	4	41.4	58.6		58.6	41.4														
3	0.856	6	57.7	42.3			42.3	57.7													
4	0.775	6	50	36.6	13.4	13.4	36.6	50													
5	0.915	6	36.6	63.4				63.4	36.6												
6	0.804	6	26.8	46.4	26.8		26.8	46.4	26.8												
7	0.912	8	54.2	45.8					45.8	54.2											
8	0.827	8	41.1	35.1	23.8			23.8	35.1	41.1											
9	0.950	8	35.2	64.8						64.8	35.2										
10	0.870	8	23.5	43.4	33.1				33.1	43.4	23.5										
11	0.796	8	19.9	36.8	28	15.3		15.3	28	36.8	19.9										
12	0.960	9	34.7	65.3							65.3	34.7									
13	0.893	9	22.7	42.6	34.7					34.7	42.6	22.7									
14	0.820	9	18.5	34.7	28.3	18.5			18.5	28.3	34.7	18.5									
15	0.928	9	52.2	47.8						47.8	52.2										
16	0.856	9	39.5	34.8	25.7				25.7	34.8	39.5										
17	0.793	9	34.6	30.6	22.7	12.1		12.1	22.7	30.6	34.6										
18	0.959	12	51.8	48.2									48.2	51.8							
19	0.910	12	36.6	34.1	29.3							29.3	34.1	36.6							
20	0.855	12	29.9	27.8	24	18.3					18.3	24	27.8	29.9							

续表

序号	绕组系数	每极槽数	每极绕组分布槽号																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
21	0.806	12	26.8	25	21.4	16.5	10.3			10.3	16.5	21.4	25	26.8							
22	0.783	12	25.9	24.1	20.7	15.9	10.0	3.4	3.4	10	15.9	20.7	24.1	25.9							
23	0.978	12	34.1	65.9										65.9	34.1						
24	0.936	12	21.4	41.4	37.2								37.2	41.4	21.4						
25	0.883	12	16.4	31.8	28.5	23.3							28.5	31.8	16.4						
26	0.829	12	14.1	27.3	24.5	20	14.1				14.1	20	24.5	27.3	14.1						
27	0.790	12	13.2	25.4	22.8	18.6	13.2	6.8		6.8	13.2	18.6	22.8	25.4	13.2						
28	0.947	16	35.1	33.8	31.1											31.1	33.8	35.1			
29	0.910	16	27.6	26.5	24.5	21.4									21.4	24.5	26.5	27.6			
30	0.869	16	23.5	22.6	20.8	18.2	14.9							14.9	18.2	20.8	22.6	23.5			
31	0.829	16	21.1	20.4	18.7	16.4	13.4	10					13.4	16.4	18.7	20.4	21.1				
32	0.798	16	19.9	19.1	17.6	15.4	12.7	9.4	5.8			5.8	9.4	12.7	15.4	17.6	19.2	19.9			
33	0.963	16	20.8	40.8	38.4												38.4	40.8	20.8		
34	0.929	16	15.5	30.3	28.5	25.7										25.7	28.5	30.3	15.5		
35	0.889	16	12.7	24.9	23.4	21.1	17.9								17.9	21.1	23.4	24.9	12.7		
36	0.848	16	11.1	21.8	20.5	18.5	15.7	12.4					12.4	15.7	18.5	20.5	21.8	11.1			
37	0.812	16	10.3	20	18.9	17.2	14.4	11.3	7.9				7.9	11.3	14.4	17.2	18.9	20	10.3		
38	0.927	18	27	26.2	24.6	22.2											22.2	21.6	26.2	27	
39	0.892	18	22.7	22	20.6	18.6	16.1									16.1	18.6	20.6	22	27	
40	0.355	18	20.1	19.5	18.2	16.5	14.2	11.5							11.5	14.2	16.5	18.2	19.5	20.1	
41	0.821	18	18.5	17.9	16.8	15.2	13.2	10.6	7.8					7.8	10.6	13.2	15.2	16.8	17.9	18.5	
42	0.795	18	17.6	17.1	16	14.5	12.5	10.2	7.5	4.6			4.6	7.5	10.2	12.5	14.5	14.5	16	17.1	17.6
43	0.943	18	15.2	29.9	28.6	26.3												26.3	28.6	29.9	15.2
44	0.910	18	12.3	24.3	23.2	21.3	18.9										18.9	21.3	23.2	24.3	12.3
45	0.873	18	10.6	20.9	20	18.4	16.4	13.7								13.7	16.4	18.4	20	20.9	10.6
46	0.837	18	9.6	18.9	18.1	16.7	14.7	12.4	9.6						9.6	12.4	14.7	16.7	18.1	18.9	9.6
47	0.806	18	9.0	17.8	17	15.7	13.8	11.6	9.9	6.1				6.1	9.0	11.6	13.8	15.7	17	17.8	9.0

第3节　单相电动机绕组的联接

单相电动机的各类绕组均由若干个线圈构成。这些线圈根据不同的分布规律嵌入铁心的槽中，然后再按规定的接法联接起来，现将单相电动机绕组的常见接法分述如下：

一、显极与庶极接法

单相电动机绕组其极相组之间的联接分为显极接法和庶极接法两类。显极接法时，电动机绕组的极相组数等于极数$2p$。庶极接法时，电动机绕组的极相组数等于极对数p。如图4－22所示。

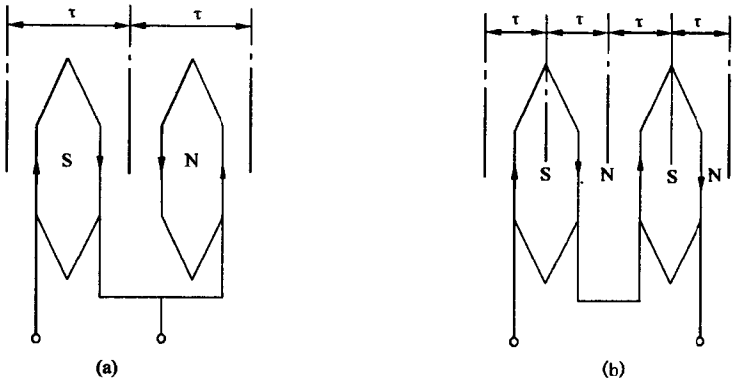


图 4－22　单相绕组显、庶极两种接法示意图

（a）显极接法　　（b）庶极接法

1．显极接法

在定子铁心内所产生的磁极数明显地等于该相绕组所包含的极相组数。也就是说，每相内各极组产生 N 极与 S 极相互交替的磁场极性。这种接法就是通常所说的“头与头相接、尾与尾相连”的接法。图 4－23 所示为 4 极 16 槽单层叠绕组采用显极接法的展开图。

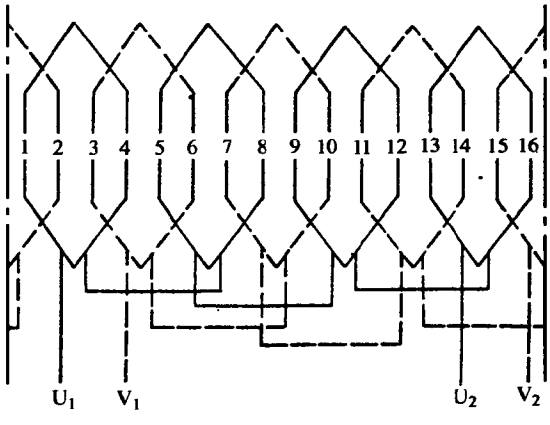


图 4－23　4 极 16 槽单层叠绕显极接法展开图

2．庶极接法

如图 4－22（b）所示，将极相组间按头、尾串接起来，使它们所产生的磁极均为同极性磁极，绕组的这种联接方法叫做庶极接法。这时，同一相内各极相组的电流方向都是相同的。由于电流方向相同，根据右手定则可知，这将使同一组中各极相组在定子铁心内产生相同的磁极极性。然而，磁极总是要构成回路的，仅有单一的同极性磁极是不能共存于定子铁心中的，这样就势必在两个相同磁极的中间强制出现和它们极性相反的磁极，从而构成了新的磁通路。图 4－24 所示为 4 极 12 槽单层叠绕组的庶极接法。这时，定子铁心内产生的磁极数为极相组数的一倍。从图中可以看出它虽然有两个极相组，但却具有 4 极。这种联接就是常说的“头与尾相接、尾与头相连”的庶极接法。由于采用庶极接法的绕组其电气性能较差，现已较少使用，仅与显极接法混合应用于变极调速的电动机绕组中，或在单层同心绕组内偶有采用。

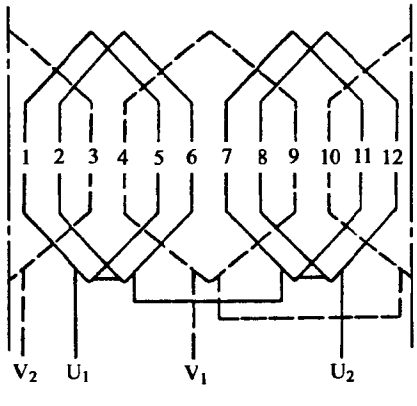


图 4－24　4 极 12 槽单层叠绕庶极接法展开图

二、单层叠绕组的接法

单层叠绕组的联接方法随其嵌线方式的不同分为三种，现以一台 4 极 24 槽分相电动机为例来说明这几种接法。

1．全节距绕组的接法

即电动机绕组的节距 $Y=24\div4=6$ 槽（为偶数），采用显极接法后，图 4－25 所示即为其绕组接线展开图。从图中可以看出，主绕组共有 8 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 2 个线圈串接组成。它们分布在定子铁心 2/3 的槽中（即 16 槽）。其极相组间是按照“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法进行联接，产生一个 4 极磁场。

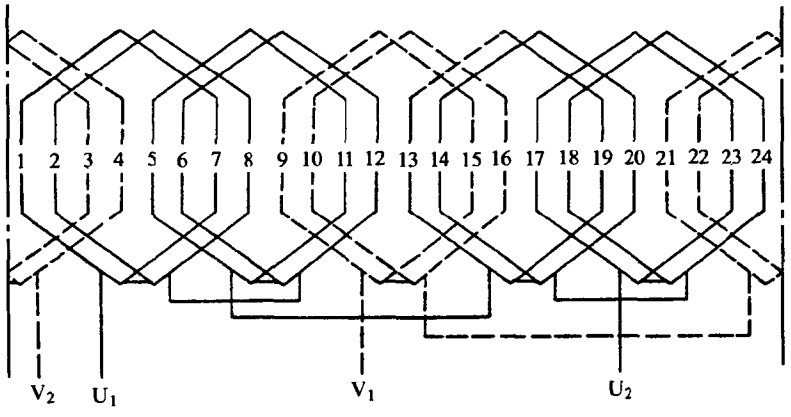


图 4－25　4 极 24 槽全节距单层叠绕组展开图

辅助绕组则共有 4 个线圈，被分成 2 个极相组，每极相组也由 2 个线圈组成。它们分布在定子铁心 1/3 的槽内。这时，其极相组间是按照“头与尾相接、尾与头相连”的庶极接法进行联接的。因庶极接法所产生的磁极数为绕组极相组数的 2 倍。所以，辅助绕组的这 2 个极相组仍将产生一个 4 极磁场。

2．短节距绕组的接法

即电动机绕组的节距为短节距。今取节距 $Y=5$ 槽（为奇数），也采用显极接法，图 4－26 所示为绕组接线展开图。从图可以看出，主绕组仍为 8 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 2 个线圈组成，它们分布在定子铁心 2/3 的槽中。不同的是，由于采用短节距，线圈只能按嵌 1 个线圈后空隔 1 槽，再嵌 1 个线圈后又空隔 1 槽这样交替嵌放的方式来布置整个绕组，否则将无法安放全部线圈。这时，主绕组各极相组是由 2 个隔开 1 槽的相邻线圈串接而成。其极相组间依旧是按照“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法进行联接，从而产生 1 个 4 极磁场。

辅助绕组也有 4 个线圈，每极相位由 1 个线圈组成，它们分布在定子铁心 1/3 的槽内。这时，其极相组间同样按显极接法进行联接。

3．分离式绕组的接法

该绕组采用全节距，图 4－27 所示为其绕组接线展开图。从图中我们可以看出，主、辅绕组均只有 2 个极相组，全部绕组被明显地布置成可分离的两部分。主、辅绕组的极相组间联接均为“头与尾相接、尾与头相连”的庶极接法。

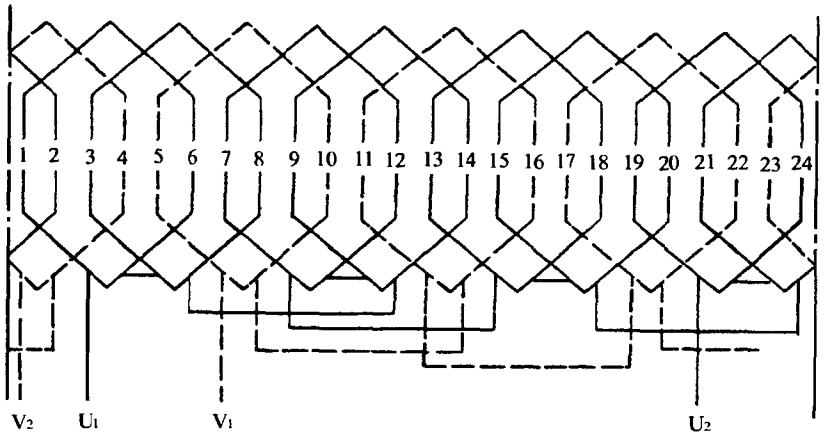


图 4－26　4 极 24 槽短节距单层叠绕组展开图

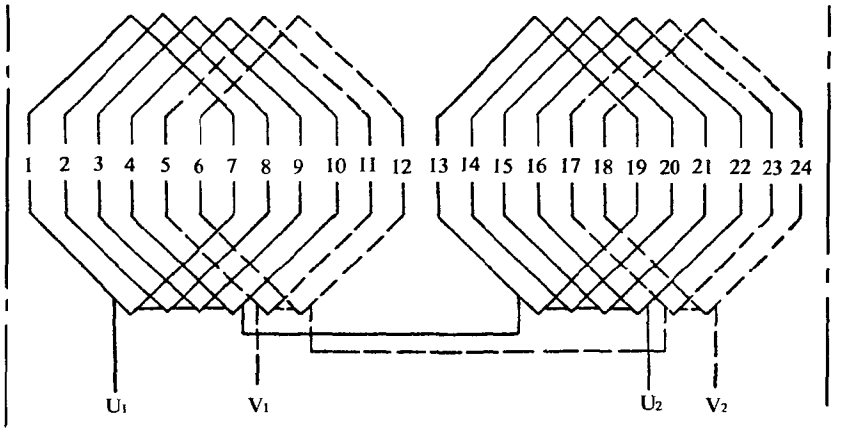


图 4－27　4 极分离式叠绕组展开图

三、单层同心式绕组的接法

单层同心式绕组的接法分为两种，一种为采用显极接法；另一种则采用庶极接法。现仍以一台 4 极 24 槽分相电动机为例说明这两种接法。

1. 同心式绕组的显极接法

图 4－28 所示为绕组接线展开图。从图中我们可以看出，主绕组分为 4 个极相组，每极相组包含 2 个线圈。辅助绕组也分为 4 个极相组，每个极相组则只有 1 个线圈。这样主绕组正好占定子铁心总槽数的 2/3，辅助绕组占定子总槽数的 1/3。

2. 同心式绕组的庶极接法

图 4－29 所示为其绕组接线展开图。从图中我们可以看出，主绕组被分为两个极相组，每极相组包含 4 个线圈。辅助绕组也分为两个极相组，每极相组则只有 2 个线圈。这样主绕组仍然占定子铁心总槽数的 2/3，辅助绕组占定子总槽数的 1/3。

由于显极接法的同心式绕组比庶极接法同心式绕组端部大为缩短，因而具有用铜省、铜

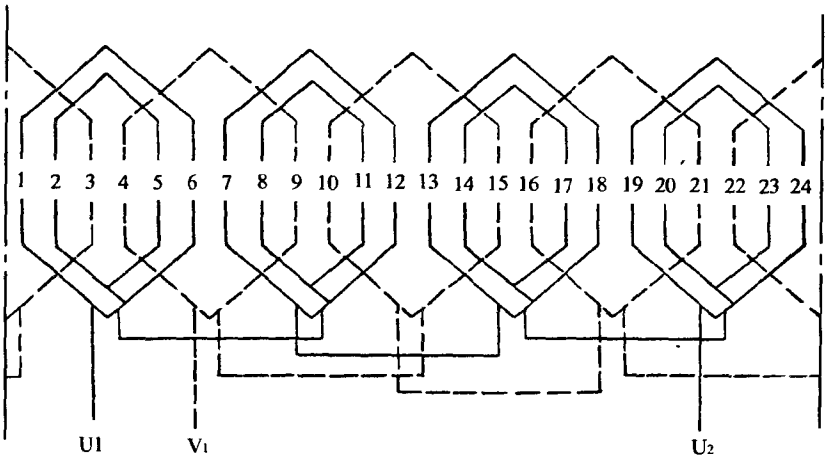


图 4－28　同心式绕组显极接法展开图

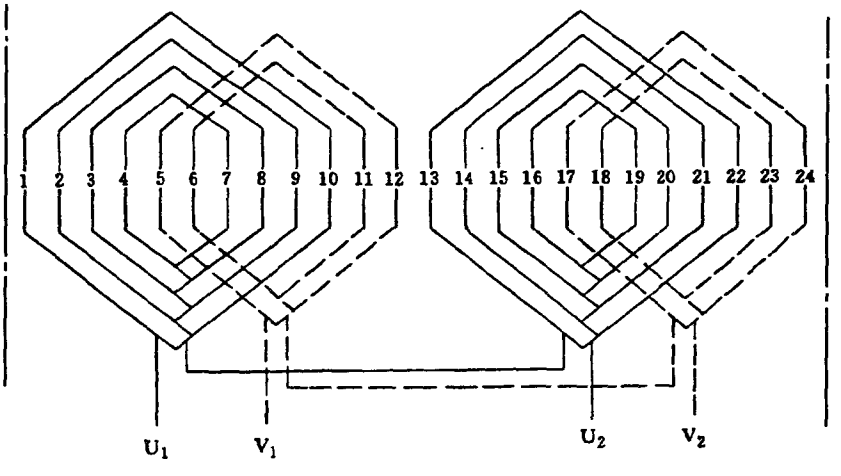


图 4－29　同心式绕组庶极接法展开图

耗小和电气性能得到改善等许多优点，故在单相电动机定子绕组中得到日益广泛地使用。

四、单层交叉式绕组的接法

图 4－30 所示为单层交叉式绕组的接法，从图中可以看出，主、辅绕组都是按照 2 个线圈的极相组和 1 个线圈的极相组交叉分布的。其极相组间的联接都是采用“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法，主、辅绕组各占定子铁心总槽数的 1/2。

单层交叉式绕组的端部较短，因而用铜少、铜损小、电气性能较好，在单相电动机各类绕组中日益受到重视。

五、双层叠绕组的接法

单相电动机也可以采用双层叠绕组，如图 4－31 所示。双层叠绕组的最大优势是可以通过采用缩短极距的短距绕组，来有效地消除电动机主、辅绕组中存在的三次谐波和高次谐

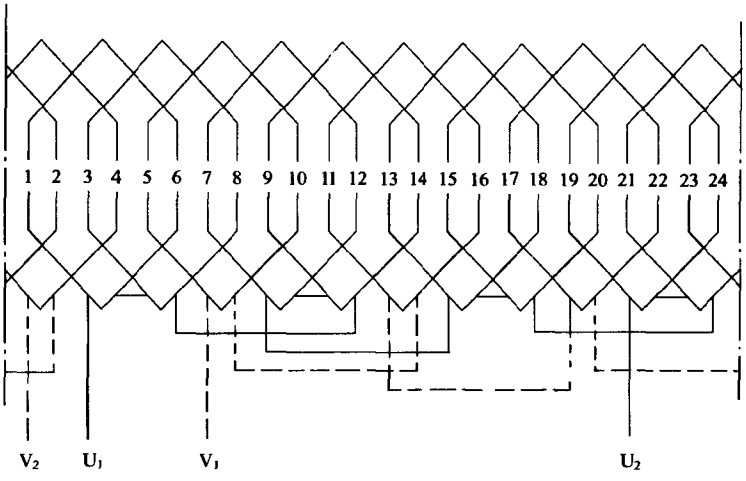


图 4－30　单层交叉式绕组接法展开图

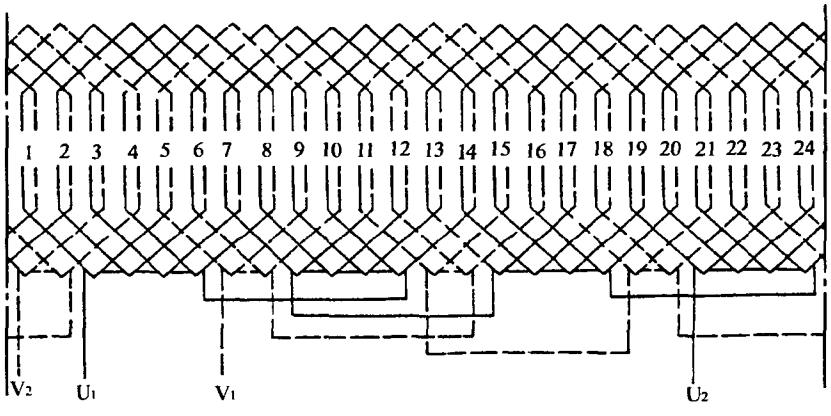


图 4－31　4 极 24 槽双层叠绕组展开图

波，以及削弱磁场中的高次谐波，并减小绕组端接部分的漏抗。因此，双层叠绕组往往具有比单层叠绕组较大的起动转矩和较高的满载功率因数。

从图中可以看出，定子铁心各槽中均嵌放有上、下层线圈元件边。主绕组共有 16 个线圈，被分成 4 个极相组。每极相组由 4 个线圈串联组成，它们均匀分布在定子铁心 2/3 的槽中。其极相组间的联接采用显极接法，以产生 1 个 4 极磁场。

辅助绕组则共有 8 个线圈，分成 4 个极相组，每极相组由 2 个线圈组成，它们分布在定子铁心 1/3 的槽内。其极相组间的联接也采用显极接法，以产生与主绕组相同的 4 极磁场。

由于单相电动机的容量都比较小，因而铁心尺寸也很小，采用双层叠绕组使嵌线较困难，所以双层叠绕组在单相电机的绕组中使用日渐减少。

六、正弦绕组的接法

正弦绕组的线圈形状和绕组布置均与单层同心式绕组极其相似。因此，从绕组布置和联

接的特点来说，正弦绕组也可以是单层同心式绕组的一种。根据电动机主、辅绕组所占槽数比例的不同，正弦绕组有着多种类型的布置和接法，现将它们简要介绍如下。

1．2:2 正弦绕组接法

图 4－32 所示为 2 极 18 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，主绕组共有 4 个线圈，被分成 2 个极相组，每极相组由 2 个线圈串联而成。它们嵌置在定子铁心的 8 个槽中，其极相组间按照显极接法进行联接，以产生 1 个 2 极磁场。

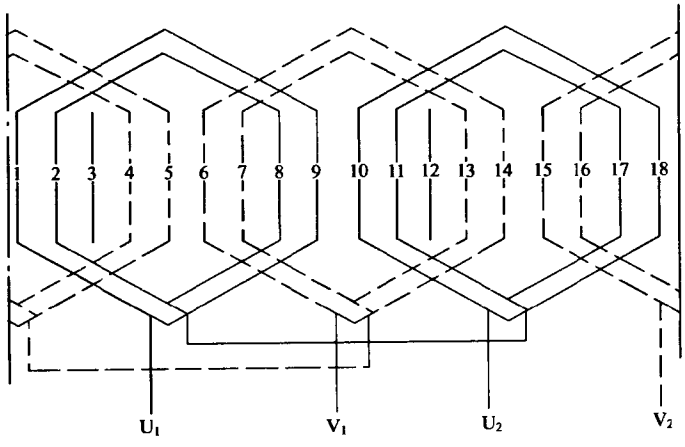


图 4－32　4 极 24 槽双层叠绕组展开图

辅助绕组同为 4 个线圈，也分成 2 个极相组，每个极相组包含 2 个线圈。它们也布置在定子铁心的 8 个槽中，其极相组间的联接也同为显极接法，以产生 1 个 2 极磁场。铁心的槽 3 和槽 12 则空置不嵌线圈。

2．3:3 正弦绕组接法

图 4－33 所示为 2 极 12 槽正弦绕组接线展开图，从图中我们可以看出，绕组为双层同心式。主绕组共有 6 个线圈，被分成 2 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联而成。它们均匀分布在定子铁心的所有槽中，占据着槽内的 1 层。其极相组间的联接采用显极接法，以产生 1 个 2 极磁场。

辅助绕组也具有 6 个线圈，同样分成 2 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联而成。它们也分布在定子铁心的所有槽中并占据着槽内另 1 层。其极相组间的联接也采用显极接法，以产生 1 个 2 极磁场。

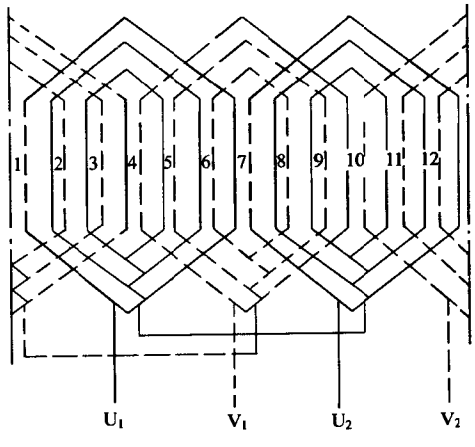


图 4－33　3:3 正弦绕组接线展开图

3．4:4 正弦绕组接法

图 4－34 所示为 2 极 16 槽正弦绕组接线展开图。从图中我们可以看出，主绕组共有 4 个线圈，分成 2 个极相组，每极相组由 2 个线圈串接而成。它们分布在定子铁心的 1/2 槽中，其极相组间的联接采用显极接法。

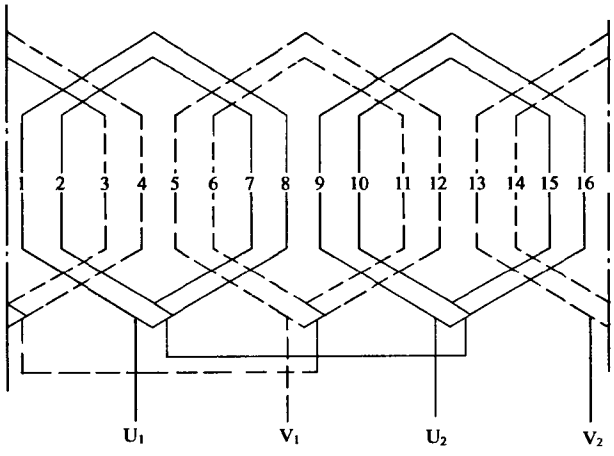


图 4－34　4:4 正弦绕组接线展开图

辅助绕组也有 4 个线圈，被分成 2 个极相组，每极相组由 2 个线圈串联组成。它们也分布在定子铁心另 1 个 1/2 槽内，其极相组间的联接采用显极接法。

5．5:5 正弦绕组接法

图 4－35 所示为 2 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为单、双层混合形式。即在定子铁心 2/3 的槽中嵌置的是双层绕组，1/3 的槽中嵌置的是单层绕组。其主、辅绕组的极相组间均采用显极接法。

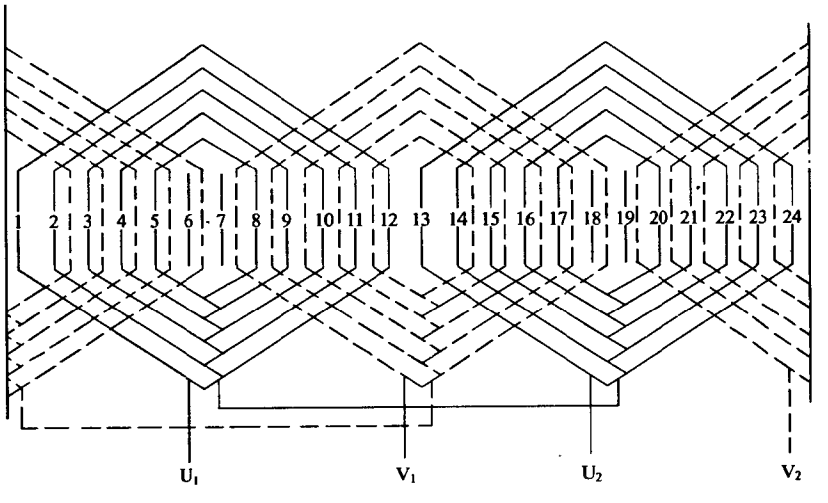


图 4－35　5:5 正弦绕组接线展开图

6．6:4 正弦绕组接法

图 4－36 所示为 2 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为单、双层混合形式。即在定子铁心 2/3 槽中嵌置的是双层绕组，1/3 槽中嵌置的是单层绕组，其主、辅绕组的极相组间均采用显极接法。

7．6:6 正弦绕组接法

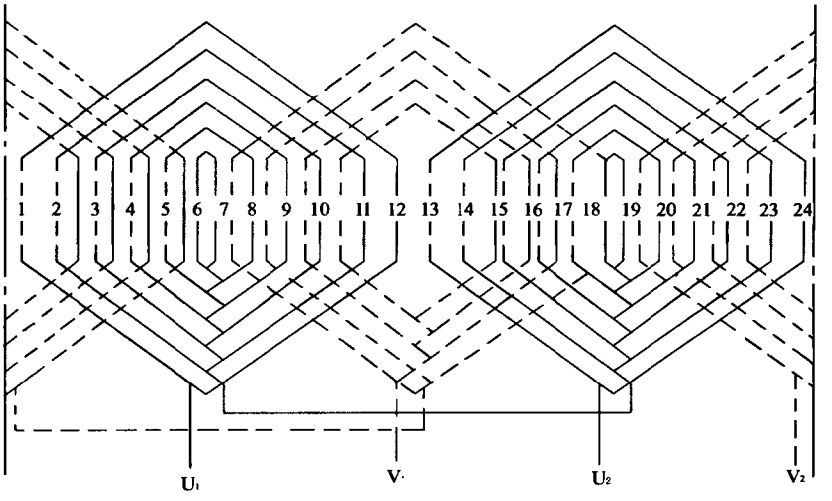


图 4－36　6:4 正弦绕组接线展开图

图 4－37 所示为 2 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为双层同心式。其主、辅绕组的极相组间均采用显极接法。

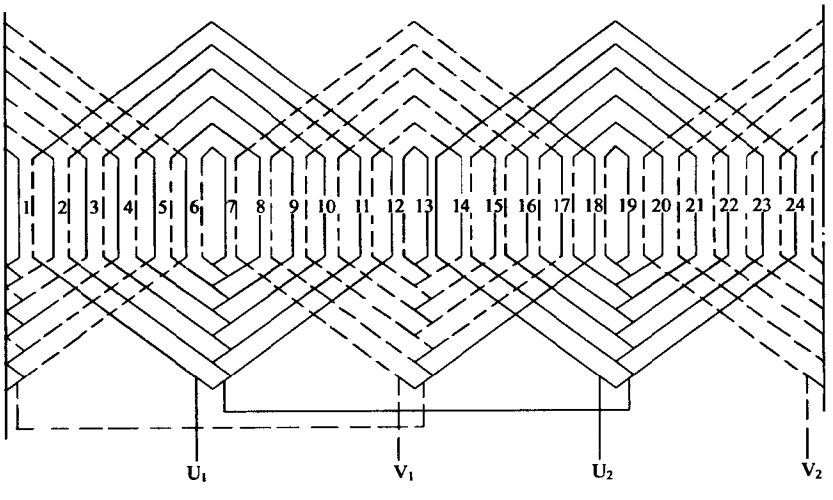


图 4－37　6:6 正弦绕组接线展开图

8．2:2 分离式正弦绕组接法

图 4－38 所示为 4 极 12 槽分离式正弦绕组接线展开图，其主、辅绕组均分成 4 个极相组，每极组相包含 2～1 个线圈。其主、辅绕组极相组间的联接均采用显极接法。

9．2:2 正弦绕组接法（1）

图 4－39 所示为 4 极 16 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为单层链形绕组。主、辅绕组都分为 4 个极相组，每极相组包含 1 个线圈。其主、辅绕组极相组间的联接均采用显极接法。

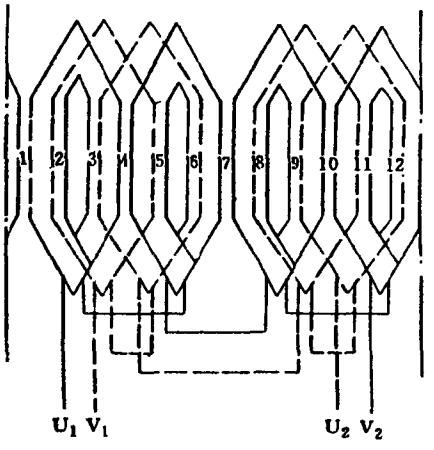


图 4－38　2:2 分离式绕组接线展开图

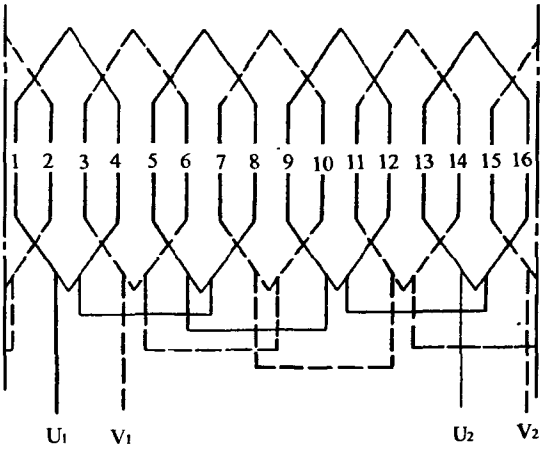


图 4－39　2:2 正弦绕组接线展开图（1）

10. 2:2 正弦绕组接法（2）

图 4－40 所示为 4 极 16 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为双层同心式。主、辅绕组均具有 4 个极相组，每极相组包含 2 个线圈。其主、辅绕组极相组间的联接都采用显极接法。

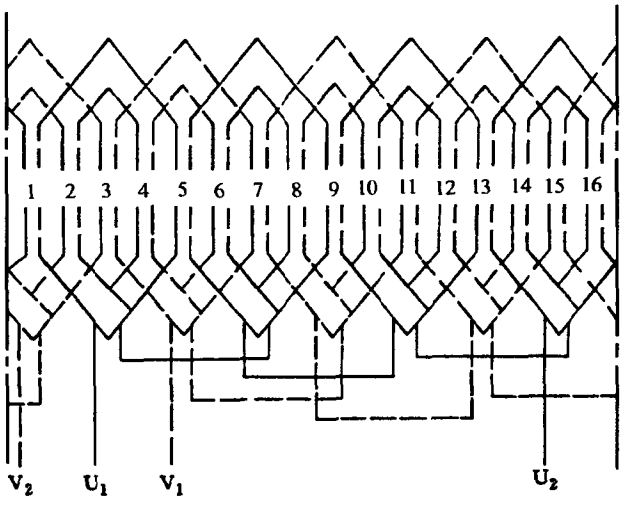


图 4－40　2:2 正弦绕组接线展开图（2）

11. 3:2 正弦绕组接法

图 4－41 所示为 4 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为单双层混合式绕组。从图中可以看出，主绕组共有 12 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联而成。它们分布在定子铁心所有各槽中，其极相组间按照显极接法进行联接，建立 1 个 4 极磁场。

辅助绕组则共有 8 个线圈，被分成 4 个极相组。每极相组由 2 个线圈串接而成，其极相

组间的联接采用显极接法。

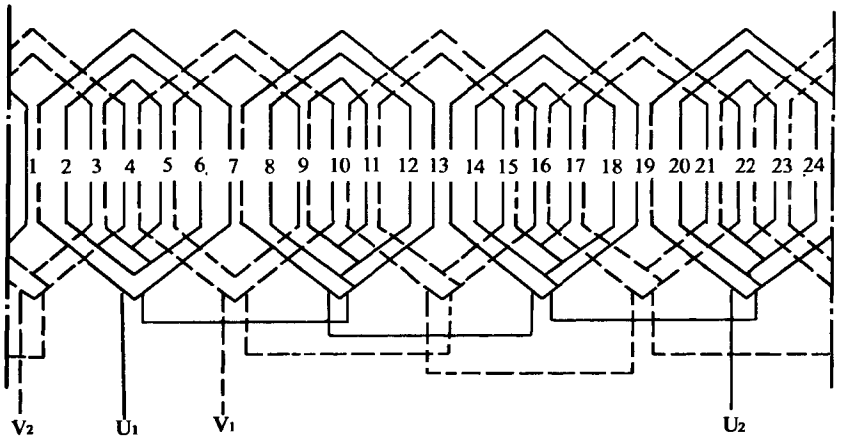


图 4－41　3:2 正弦绕组接线展开图

12．3:3 正弦绕组接法

图 4－42 所示为 4 极 24 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为双层同心式。主绕组共有 12 个线圈，分成 4 个极相组，每极相组由 3 个线圈串联组成。它们分布在定子铁心全部槽中的一层，其极相组间的联接采用显极接法。

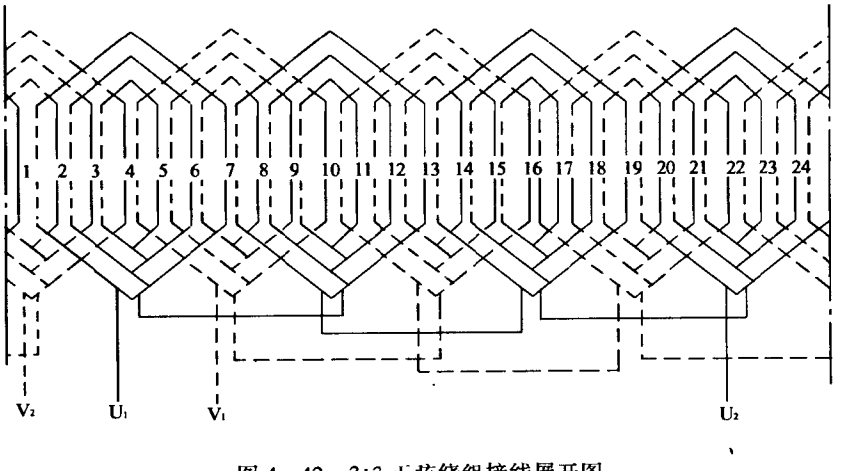


图 4－42　3:3 正弦绕组接线展开图

辅助绕组则也有 12 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组同样由 3 个线圈串联而成。它们则分布在定子铁心全部槽中的另一层，其极相组间的联接也采用显极接法。

13．4:2 正弦绕组接法

图 4－43 所示为 4 极 36 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为单双层混合形式。主绕组共有 16 个线圈，分成 4 个极相组。每极相组由 4 个线圈串联而成，它们均匀分布在定子铁心各槽中。其极相组间的联接采用显极接法。

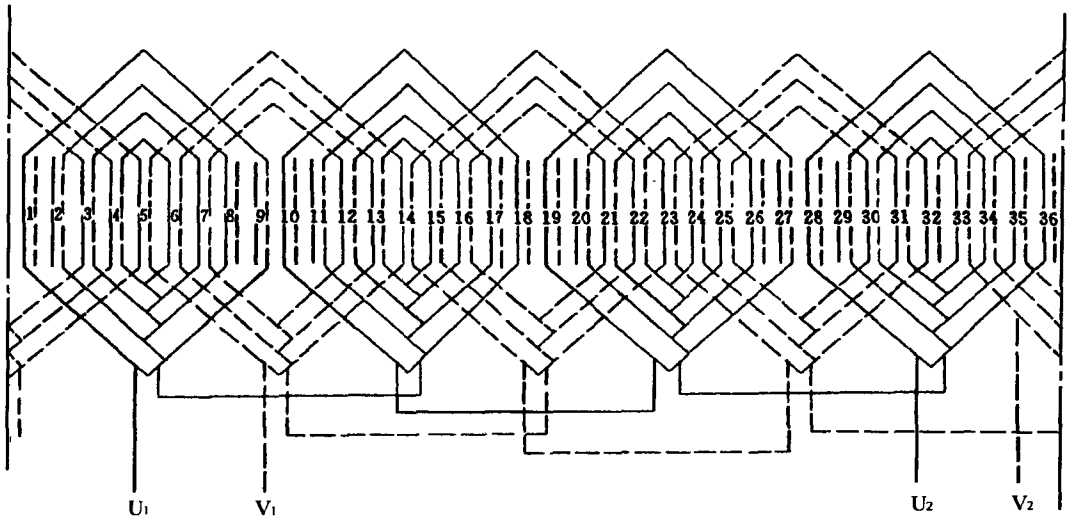


图 4－43　4:2 正弦绕组接线展开图

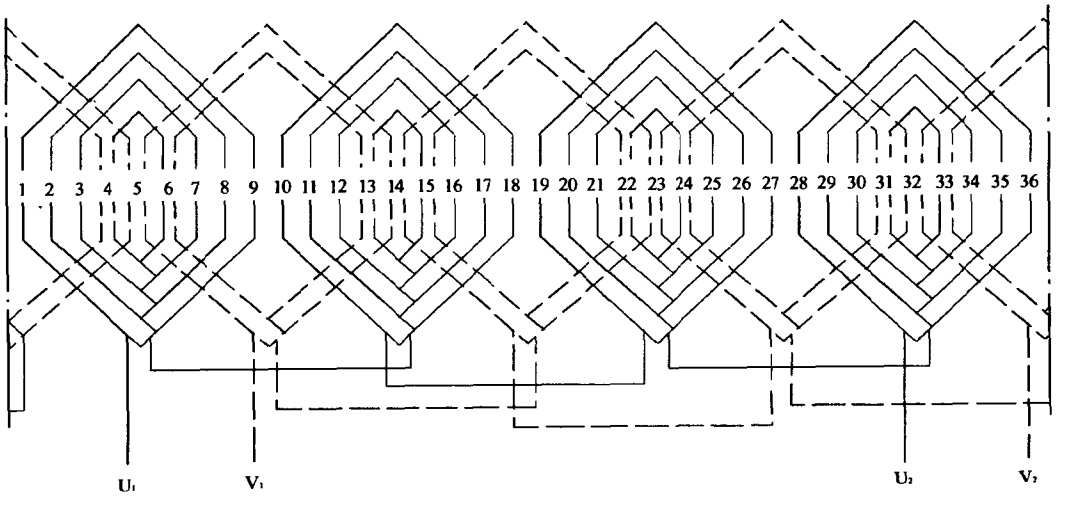


图 4－44　4:2 正弦绕组接线展开图

辅助绕组则共有 12 个线圈，也分成 4 个极相组。每极相组由 3 个线圈串联组成，其极相组间的联接仍采用显极接法。

14．4:2 正弦绕组接法

图 4－44 所示为 4 极 36 槽正弦绕组接线展开图。从图中可以看出，绕组为单双层混合形式。主绕组有 16 个线圈，被分成 4 个极相组。每极相组由 4 个线圈串联而成，其极相组间的联接采用显极接法。

辅助绕组共有 8 个线圈，分成 4 个极相组。每极相组由 2 个线圈串联组成，其极相组间的联接采用显极接法。

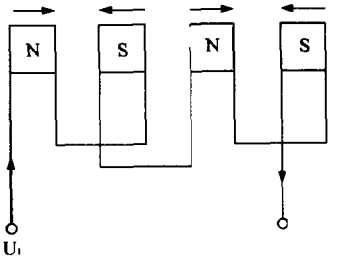


图 4－45　4 极集中式绕组接线展开图

七、集中式绕组的接法

集中式绕组主要用在罩极式单相电动机定子绕组的凸极磁极线圈上。它的一半线圈内流过正向电流，另一半线圈则流过反向电流，用以产生 N、S、N、S 交替变化的磁极。图 4－45 所示为 4 极集中式绕组的接线展开图，其磁极线圈间的联接采用“头与头相接、尾与尾相连”的显极接法。

第 4 节　电风扇、空调器、洗衣机、电冰箱用单相异步电动机的绕组及其联接

在这些家用电器所用的电动机中，单相电容分相式电动机的应用最为普遍。其主、辅绕组则多采用正弦绕组和单层链式绕组，现简述它们的绕组及其联接。

一、电风扇电动机的绕组及其联接

电风扇所用的电动机基本上都是单相电容分相式电动机。台扇和落地扇所用电动机的结构均为普通的内转子式电动机，其定子铁心多为 8 槽和 16 槽，极数多为 4 极，转速为 1460 r/min。吊扇所用电动机的结构为外转子式电动机，定子铁心多为 36 槽，极数为 16 极，转速为 233 r/min。

电风扇电动机的定子绕组多采用单层链式绕组，绕组的联接均为显极接法。

1．台扇、落地扇电动机绕组及联接

图 4－46 所示为 4 极 8 槽电扇电动机定子绕组接线展开图。从图中可以看出，主、辅绕组各有 4 个线圈，都分成 4 个极相组，每极相组包含 1 个线圈。其主、辅绕组极相组间的联接均采用显极接法。绕组为双层叠绕，节距 $Y_1=2$。

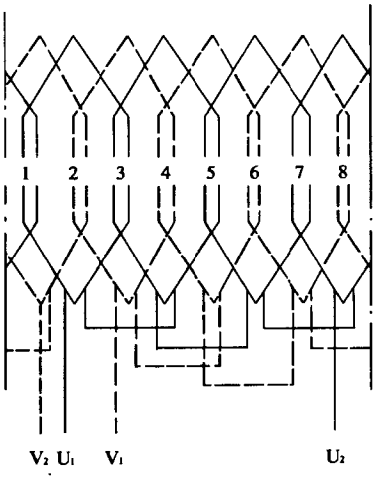


图 4－46　4 极 8 槽电动机绕组接线展开图

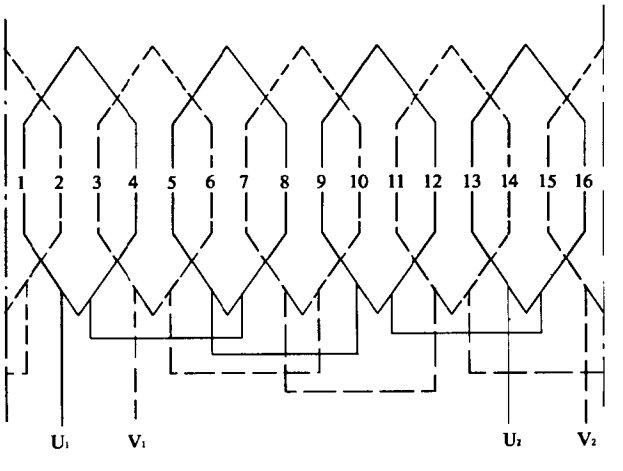


图 4－47　4 极 16 槽电动机绕组接线展开图

图 4－47 所示为 4 极 16 槽电扇电动机定子绕组接线展开图。从图中可以看出，主绕组和辅助绕组各有 4 个线圈，均被分成 4 个极相组，每极相组含 1 个线圈。其主、辅绕组极相组间的联接均采用显极接法。绕组为单层链式，节距 $Y_1=3$。

台扇、落地扇用电动机技术数据如表 4－2 所示。

吊扇用电动机技术数据如表 4－3 所示。

表 4－2　台扇、落地扇用电动机技术数据表

规格 (mm)	电压 (V)	频率 (Hz)	叠厚 (mm)	铁心槽数	电容 μF (耐压值) (V)	主绕组		副绕组	
						线径	匝数	线径	匝数
400	200/220	50	32	8	1.35(400)	φ0.25	475×4	φ0.19	790×4
400	220	50	28	16	1.2(400)	φ0.21	700×4	φ0.17	980×4
350	220	50	32	8	1.2(400)	φ0.23	560×4	φ0.19	790×4
300	220	50	20	16	1.2(400)	φ0.18	880×4	φ0.18	380×4
300	200/220	50	26	8	1(500)	φ0.21	650×4	φ0.17	900×4
250	110	50	20	8	2.5(250)	φ0.25	455×4	φ0.19	710×4
250	190/200	50	20	8	1.2(400)	φ0.19	825×4	φ0.19	710×4
250	220	50	20	8	1(600)	φ0.17	935×4	φ0.17	980×4
250	220	50	20	8	1(500)	φ0.17	935×4	φ0.15	1020×4
200(230)	200/220	50	28	8	1(500)	φ0.17	840×4	φ0.15	1020×4
200	190～230	50	22	8	1(500)	φ0.15	960×4	φ0.15	1160×4

表 4－3　吊扇用电动机技术数据表

规格 (mm)	电压 (V)	频率 (Hz)	叠厚 (mm)	铁心槽数	电容 μF (耐压值) (V)	主绕组		副绕组	
						线径(mm)	匝数	线径(mm)	匝数
900	220	50	23	36	1.2(400)	φ0.27	295×18	φ0.23	400×18
1050	220	50	23	36	1.2(400)	φ0.27	295×18	φ0.23	400×18
1200	220	50	28	36	1.5(400)	φ0.29	240×18	φ0.27	300×18
1400	220	50	28	36	2.4(400)	φ0.29	240×18	φ0.27	300×18

二、窗式空调器用单相电动机的绕组及其联接

窗式空调器都配置有压缩机电动机和风扇电动机各 1 台。为适应工作环境的需要，压缩机与电动机被设计成一个全封闭的整体。对压缩机电动机的技术要求非常高，通常它应能满足下列特殊要求：

(1) 耐腐蚀、耐振动、耐冲击和耐热性能好。其绝缘材料一般选为 F 极，可以长期在 120℃ 的环境下工作。

(2) 要求起动转矩大，起动性能好。因制冷系统的冷凝压力随外界工作状态而变化，所以要求压缩机电动机在较高负荷下也能起动，并能在额定电压 ±10% 的范围内正常起动。

(3) 要求效率和功率因数均要高，一般要求效率在 80% 以上，功率因数接近 1。并且电动机应能在过负荷条件下运转。

压缩机电动机通常采用电容运转式电动机或电容起动运转式电动机。极数多为 2 极，转速为 2880 r/min 左右，功率有 0.75、1.1、1.5、2.2 kW 等几种。表 4－4 所示为一种压缩机电动机的主要技术数据。

表 4－4　压缩机电动机主要技术数据

额定电压 (V)	频率 (Hz)	起动电流 (A)	额定电流 (A)	消耗功率 (W)	转速 r/min	电容 (μF)
200～220	50	>25	5	1030	2860	15

压缩机电动机的定子铁心槽中嵌有主绕组和辅助绕组这两套互差 90°电角度的绕组。图 4－48 所示为 2 极 24 槽压缩机电动机的绕组接线图。

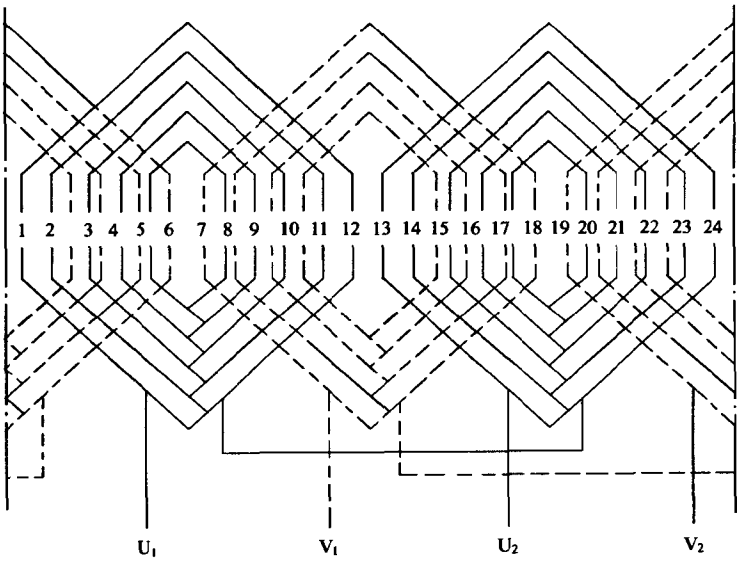


图 4－48　2 极 24 槽压缩机电动机绕组展开图

从图中可以看出，绕组为单双层混合式。主绕组共有 10 个线圈，分成两个极相组。每极相组由 5 个线圈串联而成，其极相组间采用显极接法。辅助绕组则有 8 个线圈，也分成两个极相组。每极相组由 4 个线圈串联组成，其极相组间的联接也采用是显极接法。

窗式空调器的风扇电动机用来驱动离心风扇和轴流风扇。风扇电动机多为单相电容运转电动机，一般为 4 或 6 极，常用的规格有 0.18、0.25、0.3、0.37 kW 等几种。

三、洗衣机用电动机的绕组及其联接

洗衣机电动机多为单相电容运转式电动机。图 4－49 所示为 4 极 24 槽洗衣机用电动机绕组接线图。从图中我们可以看出，绕组为单双层混合式。主绕组共有 8 个线圈，分成 4 个极相组。每极相组由 2 个线圈串联而成，其极相组间的联接采用显极接法。

辅助绕组也有 8 个线圈，被分成 4 个极相组，每极相组同样由 2 个线圈串联组成。其极相组间的联接也采用显极接法。

由于洗衣机工作特性的要求，其电动机的主、辅绕组在绕组线径、匝数、分布和接法上均相同。

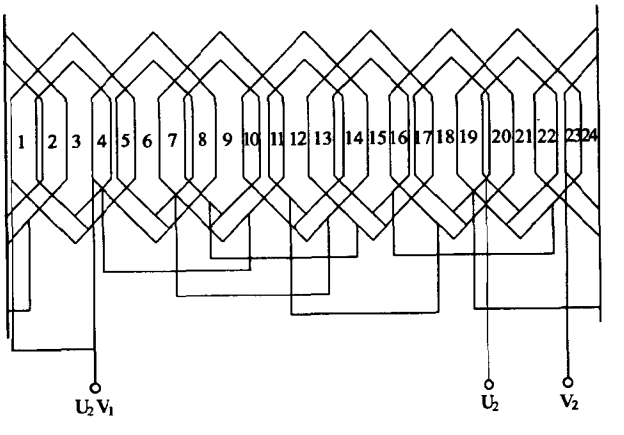


图 4－49　洗衣机用电动机绕组接线展开图

四、电冰箱压缩机电动机的绕组

图 4－50 所示为 4 极 32 槽电冰箱压缩机电动机的绕组接线图。从图中我

们可以看出，绕组为单双层混合式。主绕组共有 16 个线圈，被均分为 4 个极相组。每极相组由 4 个线圈串联而成，其极相组间的联接采用显极接法。

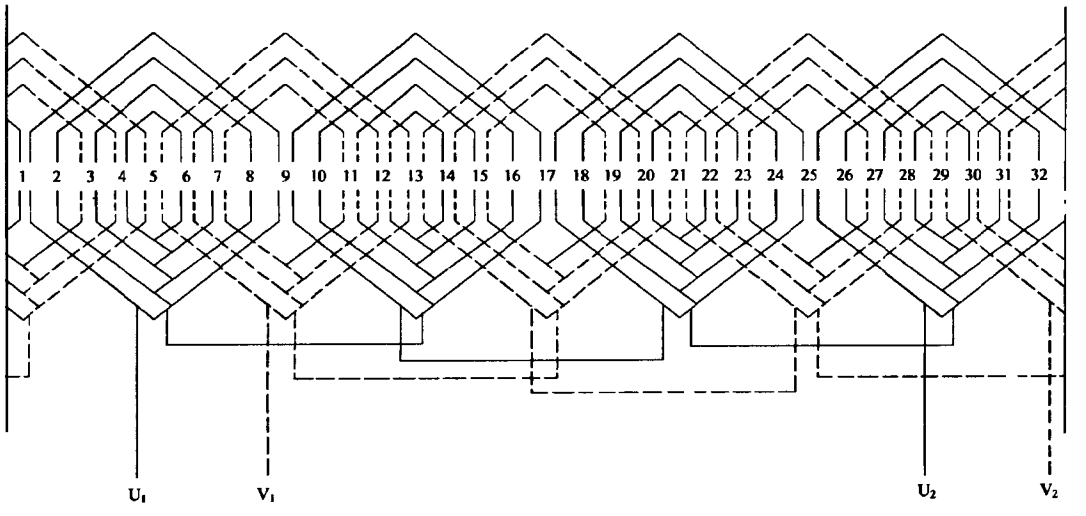


图 4－50　电冰箱压缩机电动机绕组接线展开图

辅助绕组有 12 个线圈，分成 4 个极相组。每极相组由 3 个线圈串联组成，其极相组间的联接采用显极接法。

第 5 节　三相异步电动机单相运行的联接

在某些只有单相电源的地方，可以将小功率三相异步电动机的接线方式加以改变后，来作为单相电动机使用。在三相异步电动机作单相运行时，这时电动机本身不可能具有起动转矩，因而需要采取适当的措施，使电动机定子形成旋转磁场，从而产生起动转矩。与此同时还应尽可能提高电动机功率的利用率，并使电动机有较好的工作特性和较高的功率因数。

从前面单相异步电动机的工作原理中可以知道，在空间互差 90°电角度的两套绕组中通以电流时，它们所产生磁场的轴线在空间也互差 90°电角度。如通过这两套绕组的电流也具有时间上一定的相位差，这时就能在定子铁心上形成一个两相旋转磁场。继而产生起动转矩，使电动机转动起来。因此，如将三相异步电动机中的任意两相绕组串接起来作为主绕组，另一相绕组中串接适当的电容、电感或电阻而作辅助绕组，将主、辅绕组并接到同一单相电源上面，它就会和正规单相异步电动机一样，形成一个两相定子旋转磁场，接着产生起动转矩，使电动机起动并正常运行。三相异步电动机改单相运行有多种接法，现分述如下。

一、电感电容移相接法

电感电容移相接法的实质就是在电动机外部经过电感 L 和电容 C 的移相作用，将单相电源变换成三相对称电源后，再加于三相电动机上。因此，这时电动机产生的仍将是一个三相旋转磁场。它的工作原理也与三相供电时完全相同，只不过是以 220 V 的单相电源取代了 380 V 的三相电源而已。图 4－51 所示为采用电感电容移相 Y 形联接的原理接线图。

图 4－52 所示为采用电感电容移相△形联接的原理接线图。

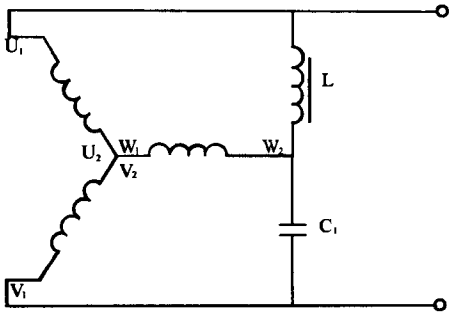


图 4－51　电感电容移相Y联结原理接线图

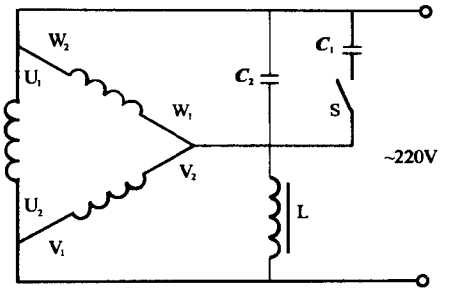


图 4－52　电感电容移相△联结原理接线图

采用电感电容移相接法时，其最佳电感量 L 和最佳电容量 C_2 可按下式计算：

$$L=\frac{1}{\omega C_p}=\frac{1.5U_e\times10^3}{S\omega\sin(60^\circ+\varphi)}\ (\text{mH})$$

$$C_p=\frac{0.67S\times\sin(60^\circ+\varphi)\times10^6}{\omega U_e^2}\ (\mu\text{F})$$

式中　U_e——单相电源电压（V）；

φ——电动机功率因数角；

S——电动机输入端三相视在功率（VA）；

ω——角频率，$\omega=2\pi f$。

电感电容移相时只要电感值 L 和电容量 C_2 选配得当，就能维持电压的对称，获得 220 V 的三相对称电源，从而能使电动机在单相运行时得到和三相运行时同等的功率输出。电感电容移相接法的缺点是需要配置电容器和带铁心电感，因而增加了成本和运行的维护工作量。

二、电容移相接法

电容移相接法是三相异步电动机单相运行的最简便实用的方法，它不仅适用于定子绕组为 Y 形联接的三相异步电动机，也适用于定子绕组为△形联接的三相异步电动机。图 4－53 所示为采用电容移相 Y 形联接的原理接线图。图 4－54 所示为采用电容移相△形联接的原理接线图。图中的 C_2 为电动机的工作电容，C_1 则为电动机的起动电容，C_1 的作用是为了增大电动机的起动转矩。

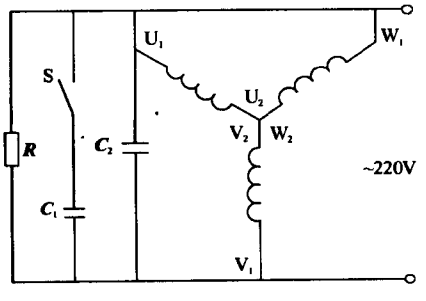


图 4－53　电容移相Y联结原理接线图

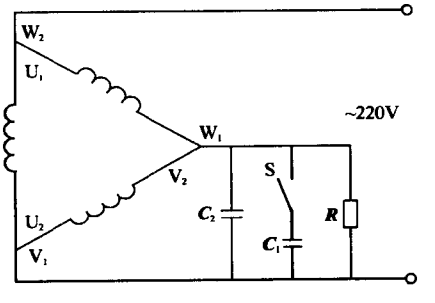


图 4－54　电容移相△联结原理接线图

电动机起动时，起动电容 C_1 和工作电容 C_2 同时并联接入电路。当电动机起动至接近

额定转速时，自动开关 S 将起动电容 C_1 从电路中切除。为减小起动电容 C_1 的电容量，在 C_1 的两端并联了电阻 R。同时，在 C_1 从电源中切除后使其能迅速地向电阻 R 放电，以便电动机可以进行频繁的再起动。其工作电容 C_2 的电容量可按以下经验公式计算：

$$C_p = \frac{1950 \times I_N}{U_H \cos\varphi} \ (\mu F)$$

式中 I_N——电动机铭牌上的额定电流（A）；

U_H——电动机铭牌上的额定电压（V）；

$\cos\varphi$——电动机的功率因数。

为保证电容器正常可靠地运行，其工作电压不得小于电动机额定电压的 1.25 倍，并须采用纸介电容器和油浸纸介电容器。

三、拉开 Y 形联接

拉开 Y 形联接只能用于 380 V 的单相电源，这对于某些远离三相电源的边远农村来说，是很具实际意义的。当农忙季节抗旱、排渍时，将 220 V 照明线路中的零线改接在电力变压器的另一相线上，则得到 380 V 电源。图 4－55 所示为采用拉开 Y 联接的原理接线图。图中 V 和 W 两相绕组串接构成主绕组，U 相与电容器 C_2 串接作为辅助绕组。为了提高电动机的起动转矩，线路中还并联一只起动电容器 C_1。当电动机起动后转速达到接近额定转速时，自动开关 S 即将起动电容器 C_1 从线路中切除出去，仅留下工作电容 C_2 参与长期运行。

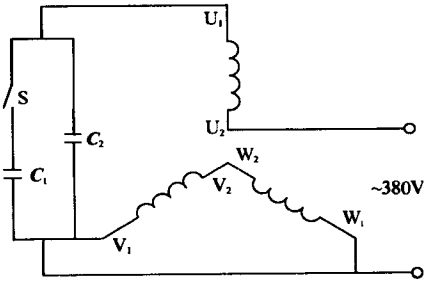


图 4－55　拉开Y联结原理接线图

拉开 Y 形联接时，其电容器的电容量可按下面经验公式计算。

$$C_p = \frac{I_N \times 10^6}{44 \times 314} \ (\mu F)$$

式中 I_N——三相电动机的额定电流（A）；

C_1——起动电容器，其电容量可按 $C_1 = (0.8 \sim 0.9) C_2$ 估算。

采用拉开 Y 形联接用于单相电源时，能使电动机的输出功率达到三相运行时额定功率的 85% ～95% 。其使用的电容器应选近似值的标准电容器，工作电压要选取 630 V 的纸介或油浸纸介电容器。

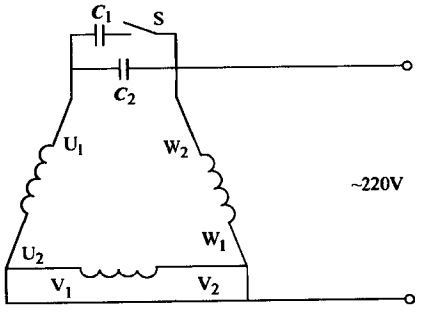


图 4－56　拉开△联结原理接线图

四、拉开△形联接

拉开△形联接可适用于 220 V 或 380 V 的单相电源，图 4－56 所示为拉开△形联接原理接线图。这种接法与拉开 Y 形联接的基本原理是相同的，但与拉开 Y 形联接比较则有如下一些不同特点。

(1) 从图 4－56 中可见，电动机绕组中只有 U 相一相绕组作为主绕组，而 V 相和 W 相绕组串接后作为辅助绕组。但在图 4－55 的拉开

Y形联接中则是由V相和U相串联后构成主绕组，仅由W相一相绕组作为辅助绕组。

(2) 在图4－56中，绕组U_1与绕组V_1W_1构成一个自耦变压器。由于自耦变压器的升压作用，使得电容器C_1和C_2所承受的电压约为单相电源电压的3倍，因此需要选用比图4－55拉开Y形联接具有更高工作电压的电容器。

(3) 如果要使电动机反转，则只需将图4－56中辅助绕组的两端W_2、V_1对换，或者将主绕组的端头U_1、U_2对调即可。

(4) 图4－55所示拉开Y形联接与图4－56所示拉开△形联接比较，两种接法所需工作电容C_2的电容量大小相近。但拉开Y形联接所需起动电容C_1的电容量，却要比拉开△形联接时大得多，达到$C_1=(2\sim4)C_2$。

习　题

1. 单相电动机的定子上有几套绕组？它们各有什么作用？

2. 单相电动机定子绕组有哪些类型？什么是机械角度和电角度？它们有何关系？

3. 什么是极距τ和节距y？什么是极相组和相绕组？

4. 单相罩极式电动机的定子绕组有哪两种型式？罩极线圈有何作用？有几种型式？

5. 为什么单相单层绕组中的主绕组要分布在定子铁心2/3的槽中，而辅助绕组只分布在1/3的槽中？

6. 为什么单相电容运转式电动机的主、辅绕组可以按1:1的比例分布？

7. 短节距单层叠绕组有何优点？分组同心式绕组有哪些优点？

8. 单层交叉式绕组有何优点？双层叠绕组有哪些优点？

9. 正弦绕组有何优点？它是按什么规律分布的？

10. 什么是显极接法？它有何特点？

11. 什么是庶极接法？它有何特点？

12. 显极接法与庶极接法的区别是什么？

13. 集中式绕组为什么要采用显极接法？

14. 对空调器、电冰箱用压缩机电动机有哪些特殊要求？

15. 怎样使三相电动机运行于单相电源？

16. 三相电动机运行于单相电源有哪几种联接方法？

第 5 章　单相电动机的调速与反转

单相电动机在医疗器械、办公设备、家用电器中得到日益广泛地应用，众多的这些电器设备均对电动机的调速、反转性能有着愈来愈高的要求。例如，多种速度、正、反转、控制简便、节约电能等。下面将简介单相电动机的调速与反转方法。

第 1 节　单相电动机的调速方法

单相电动机的调速方法主要有以下几种：变极调速法；电抗器调速法；自耦变压器调速法；绕组抽头调速法；以及其它一些调速法。这些调速方法中，除变极调速是通过绕组显、庶极接法的变换，来改变电动机磁极对数进行调速外，其它各种方法都是利用单相电动机在负载转矩不变的情况下，调节定子绕组电压即能得到不同转速的特性，经过降低电压来实现调速。或者是调节进入定子绕组的电源频率的变频法进行调速。近年来绕组抽头调速方法更是日益普遍地应用于各类单相电动机，下面将逐一介绍单相电动机的各种调速方法。

一、变极调速接法

我们知道单相异步电动机的转速公式为：

$$n = n_1(1-S) = \frac{60f_1}{p}(1-S)$$

式中　n——单相异步电动机转速；

n_1——同步转速；

S——单相异步电动机的转差率；

f_1——电源频率；

p——电动机极对数。

由此可见，只要设法改变绕组的极对数 p，就可以改变单相异步电动机的转速 n。极对数 p 愈多，则电动机转速愈低。反之，p 愈少则 n 愈高。

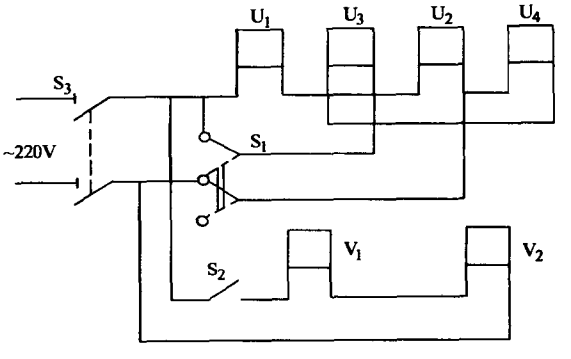


图 5－1　单相显、庶极双速接法接线示意图

从前面我们知道，对于同一绕组，采用庶极接法时比显极接法的极对数要多一倍。因此，在定子的一套绕组中应用显、庶极两种接法的变换，即可以得到极数成倍的两种转速。图 5－1 所示为显、庶极接法双速分相式电动机绕组接线示意图。从图中可以看出，当转换开关 S_1 接到图中实线位置时，电流经过主绕组后，相邻两极相组内的电流方向各不相同，这时电动机作为 4 极运行。电动机绕组磁场极性的排列如图 5－2 所示。

如将转换开关 S_1 转换到虚线位置时，则主绕组的各极相组将具有相同的极性。这样，原来的两对磁极便由于庶极接法的作用而成为了 4 对磁极。电动机便按 8 极的速度运行，其磁场极性将如图 5－3 所示。

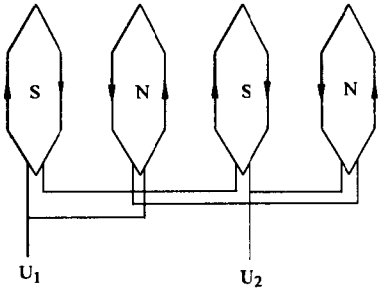


图 5－2　4 极运行时的磁场极性

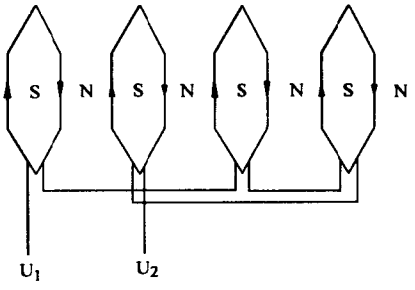


图 5－3　8 极运行时的磁场极性

二、自耦变压器调速接法

利用自耦变压器的调压特性来直接降低主、辅绕组的电压，或者只降低主绕组的电压，均能对电动机进行调速。具体接线方法有以下三种。图 5－4 所示为主绕组降压调速接线图。从图中可以看出，自耦变压器是通过对主绕组的电压调控来进行调速的。

图 5－5 所示为主、辅绕组同电压降压调速接线图。

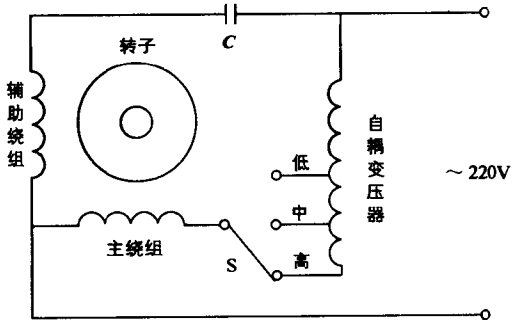


图 5－4　主绕组降压调速

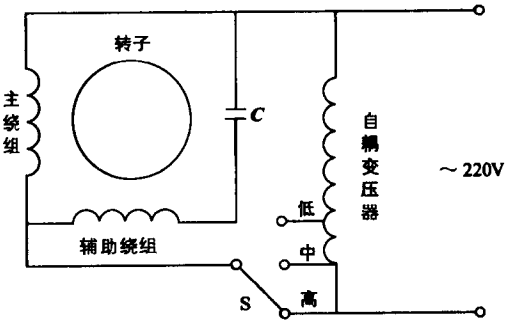


图 5－5　主、辅绕组同电压调速接线图

从图中可以看出，自耦变压器以同一电压对电动机的主、辅绕组作电压调控来进行调速。

图 5－6 所示为主、辅绕组异电压降压调速接线图。

从图中可以看出，自耦变压器是分别以不同电压施加到主、辅绕组来进行降压调速。

采用自耦变压器降压调速方法，能使电动机的起动性能和电能消耗均有较大改善，其缺点是增加自耦变压器后使整体成本增加。

三、电抗器调速接法

将电抗器串接到电动机单相电源电路中，通过变换电抗器的线圈抽头来实现降压调速。图 5－7 所示为电抗器调速原理接线图。当调速开关 S 转到 C 点时，主绕组与电抗器 L 串接

到电源上，电源电压的一部分将降落在电抗器 L 的 CD 段上。因而主绕组的工作电压降低了，主绕组产生的磁场将减弱，电动机的转差率就增大，转速随着显著降低。当调速开关 S 转到 a 点时，主绕组在额定电压下运行，转速达到最高速。调速开关转到 b 点时，此时主绕组和辅助绕组的工作电压介于高速和低速之间，因而作中速运行。

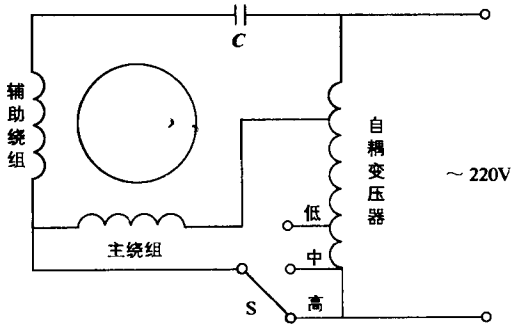


图 5－6　主、辅绕组异电压调速接线图

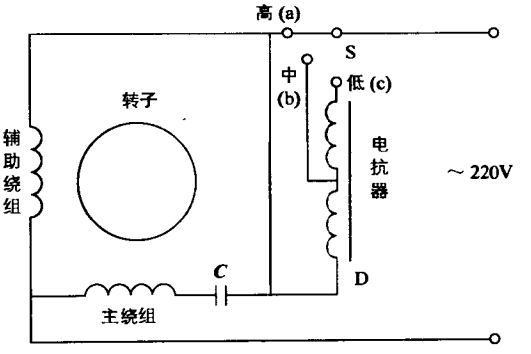


图 5－7　电抗器调速接线原理图

四、绕组抽头调速接法

电容运转电动机现已普遍采用定子绕组抽头调速的方法。这种调速方法具有不同于自耦变压器或电抗器调速，只需改变定子绕组接线的特点。所以它用料省、重量轻、耗电少。其缺点是工艺性较差，绕组、嵌线、接线较为麻烦，从而使其应用范围受到某些限制。应用这种接法的电动机，其定子除嵌放有主绕组和辅助绕组外，还嵌有一套调速绕组。调速绕组可嵌于主绕组或辅助绕组同一槽中，其作用与效果均没有差别。但由于辅助绕组一般线径较细，槽满率较低，故调速绕组多嵌于辅助绕组同一槽内。通过改变调速绕组抽头的方法以改变主绕组的电压降及磁场强度，从而实现电动机的调速。绕组抽头调速的接线方法很多，常用的有下列几种：

1. L－1 型接法

图 5－8 所示为 L－1 型 2 速接法原理接线图。在这种接法中，调速绕组与主绕组串联后直接接于电源电压上。主绕组与调速绕组为同槽分布，因此，两套绕组在空间上是同相位的。一般调速绕组均嵌在主绕组的上面，其线径要比主绕组小 20％～30％。从图 5－8 中可以看出，当调速开关 S 转至 1 号位置时，电动机作高速运行。这时，调速绕组全部串接于辅助绕组中，主绕组直接接入全部电源电压，从而满足了两相对称运行的条件，磁场也基本为圆形，运行性能较好。

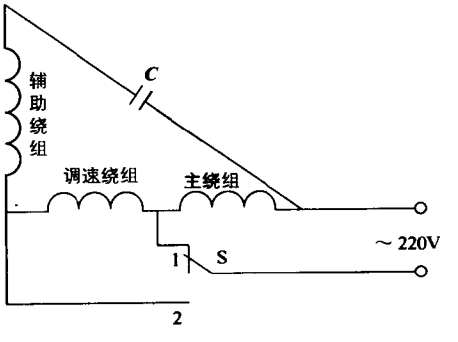


图 5－8　L－1 型 2 速接法原理接线图

开关转至 2 号位置时，调速绕组全部改串接入主绕组，至使主绕组匝数增加，电压与磁通相继降低，磁场的椭圆度变大，使转矩与转速降低，因而达到调速的要求，电动机进入低速运行。

图 5－9 所示为 L－1 型 3 速接法原理接线图。从图中可以看出，开关 S 增加了一个中速

挡。这时调速绕组的一部分线匝串接入辅助绕组，另一部分线匝则串接入主绕组，从而使电动机得以中速运行。

L－1型这种接法的优点是，电动机的全部绕组在高、中、低三速运行中均参与工作，故其用铜省。其缺点是低速时效率低，不利于电能的充分利用。

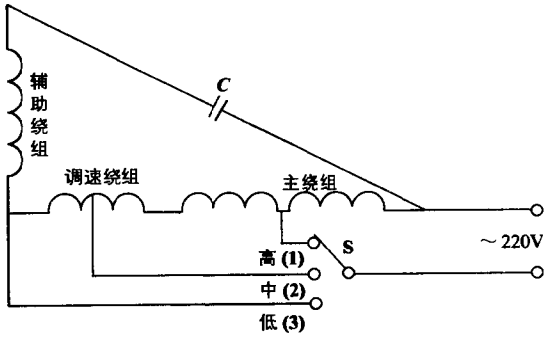


图5－9　L－1型3速接法原理接线图

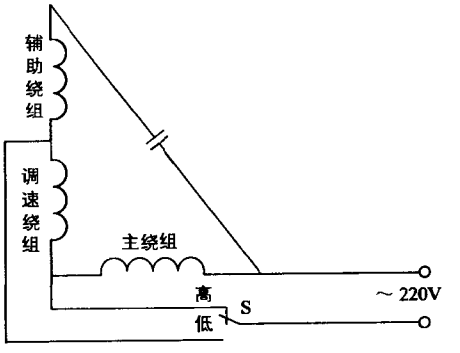


图5－10　L－2型2速接法原理接线图

2. L－2型接法

接线原理如图5－10所示。在这种接法中，调速绕组与辅助绕组同槽分布，故它们在空间上同相位。同一槽中调速绕组嵌放在辅助绕组的上面，其线径一般与辅助绕组相同。图5－11所示为L－2型3速接法原理接线图。

这种L－2型接法的调速原理、运行性能及优、缺点，与L－1型接法均大体相同。

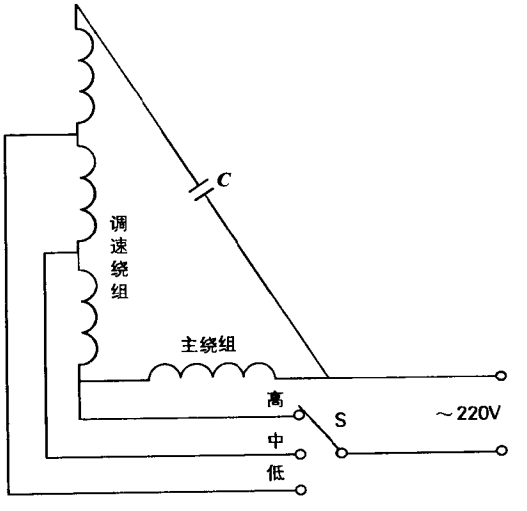


图5－11　L－2型3速接法原理接线图

3.T型接法

接线原理如图5－12所示，调速绕组串接在主、辅绕组并联的电路外面，对主、辅绕组同时调压。通常是调速绕组与主绕组同槽分布，它们在空间上同相位。这种调速方法是以降低磁场强度为主，改变磁场椭圆度为辅的办法。与L型接法相比，T型接法时电动机性能较好，电能利用合理。

4.H型接法

接线原理如图5－13所示。从图中可以看出，这种接法是将调速绕组与辅助绕组串接后，再并接在主绕组的抽头和电源之间。调速绕组与辅助绕组同槽分布，它们在空间上同相位。这种接法的调速原理是，使主绕组的上半部分、下半部分和辅助绕组这部分绕组之间，形成相位不一致的三个非对称相位差。当改变调速绕组的抽头位置，就改变了三个绕组间三个非对称相位差，也就相对地改变了电动机的旋转磁场强度，从而实现了电动机的调速。

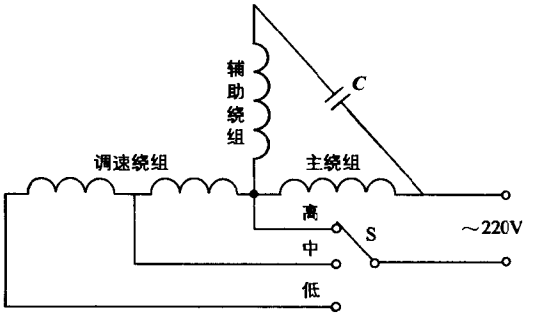


图 5－12　T 型接法接线原理图

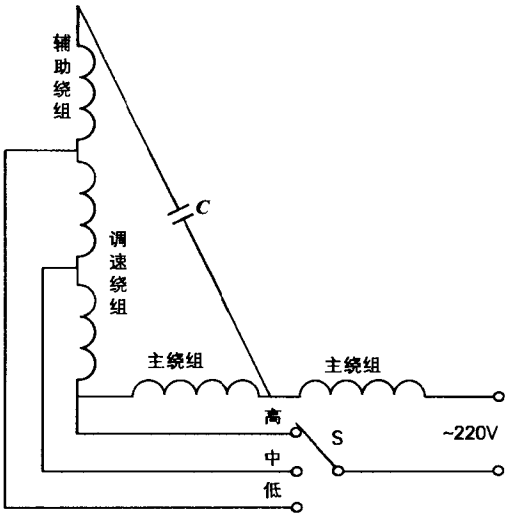


图 5－13　H 型接法接线原理图

第 2 节　绕组抽头调速接法的性能对比

几种绕组抽头调速接法的性能对比如下：

(1) 调速性能：以 L 型接法为最差；T 型接法变速效果较好，但在低速时，主、辅绕组电流之和的过大电流通过调速绕组，将使其温升增加。

(2) 起动性能：L 型接法的低速起动性能较差，而 H 型接法的低速起动性能比较好，T 型接法则介于上述两种接法之间。H 型接法起动性能较好的原因有两点，其一是形成了三个非对称相位差，使单相电动机具有了三相电动机易于起动的特点；其次是主绕组的上半部分中的电流，总是等于流过其抽头上并联两绕组电流之和。因此，当改变电动机速度时，上半部主绕组中的电流变化较小。

(3) 电容器耐压值：T 型和 H 型接法其电容上的电压降比 L 型接法电容上的电压降低。其中以 H 型接法电容上的电压降最低，由于电容是与辅助绕组串接后再串接上主绕组这一部分的，所以这种电容上的压降最低。L 型接法的电容器耐压值至少应选 400 V 以上，而 H 型接法的电容器耐压值只需选 200 V 的就可以了。电容器耐压值的高低对其价格有较大的影响。

第 3 节　其它几种调速方法

单相电动机的调速方法除以上一些接法外，还有其它几种调速方法，现简介如下：

一、辅助绕组直接抽头调速法

有时为进一步简化结构，也有采用在定子辅助绕组上直接抽头的方法来进行调速的。图 5－14 所示即为这种调速方法的原理接线图，从图中可以看出，该电动机内没有设置调速绕组。

二、绕组串并联调速接法

这种接法是调速方法中新近出现的一种接法。它的优点是调速范围广、低速起动转矩较

大、电动机效率较高，而且它还省去了一只电抗器，使电动机成本大为降低。将采用这种调速接法的电动机装置在电风扇上，就是平时所称的节能风扇。

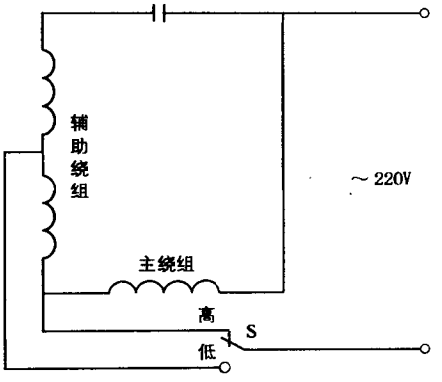


图 5－14　辅助绕组抽头调速接线原理图

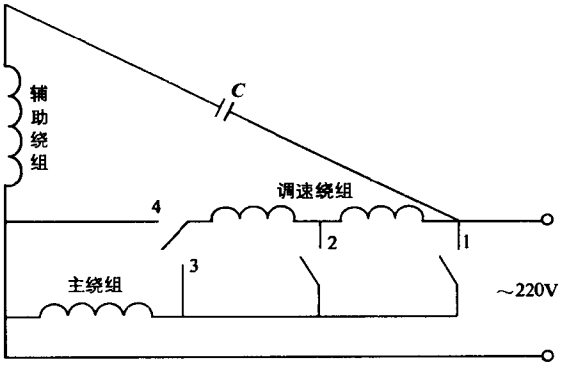


图 5－15　绕组串并联调速接法接线原理图

图 5－15 所示即为这种接法的原理接线图。从图中我们可以看到，它是一种类似 L－1 型的主绕组调速接法。不过它们主绕组和调速绕组的构成略有不同，当开关 1 和 4 闭合时，主绕组和调速绕组接成两条并联支路，这时电动机高速运行。而当开关 2 闭合时，调速绕组的一半串接入主绕组，这时电动机作中速运行。当开关 3 闭合时，调速绕组和主绕组串联，这时电动机作低速运行。可以看出，从高速到低速挡，辅助绕组始终不变，外加电压也不变。

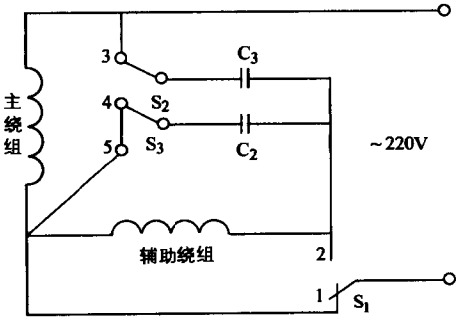


图 5－16　电容器串并联调速接线原理图

三、电容器串、并联调速接法

图 5－16 所示为这种接法的原理接线圈，其高速时和一般接法相同。调速时，可将主、辅绕组串联，以达到降压调速的作用。如将电容器并联在辅助绕组两端，就会对辅助绕组内电流起到移相作用，改变不同的电容量即可得到不同的转速。从图中可以看出，高速时，开关 S_1 与 S_2 处于图中位置；中速时，S_1 与 2 接通，S_2 转到 4 的位置；低速时，S_1 与 2 接通，S_5 转到 5 的位置。该线路中的电容器 C_1 的电容量应小于电容器 C_2。

四、晶闸管电子调速接法

晶闸管电子调速线路很多，有的调频有的调压等。图 5－17 所示为较简单经济的一种。从图中可以看出，通过调节移相元件

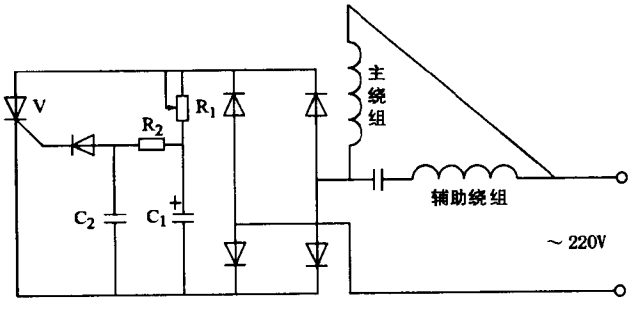


图 5－17　晶闸管电子调速线路图

R_1 来调节 V 的导通角来控制整流器的输出电压，以达到调节电动机的转速。当 R_1 阻值小时，晶闸管 V 的导通角大，线路输出电压高，电动机转速就高。反之，当 R_1 的阻值大时则结果相反。

第 4 节　单相电动机的反转方法

从前面所述可知，如果要改变单相电动机的旋转方向，只需将辅助绕组或主绕组的两根线端互换之后，单相分相式电动机和电容式电动机的旋转方向就可以反转过来。罩极式单相电动机的反转则要麻烦些，下面将分述几种常用单相电动机的反转接法。

一、分相式电动机的反转

图 5－18 所示为分相式电动机反转的原理接线图。从图中可以看出，当转换开关 Q 在图中的实线位置时，辅助绕组中的电流 i_A 超前主绕组中的电流 i_C 一个角度。这时，电动机作正向旋转。当转换开关 Q 投到图中虚线位置时，辅助绕组电流 i_A 方向改变了 180°，使主绕组电流 i_C 超前于辅助绕组电流 i_A，从而电动机反方向旋转。其电流向量图如图 5－19 所示。同理，如果改变主绕组的接线，也可以实现电动机的反方向旋转。

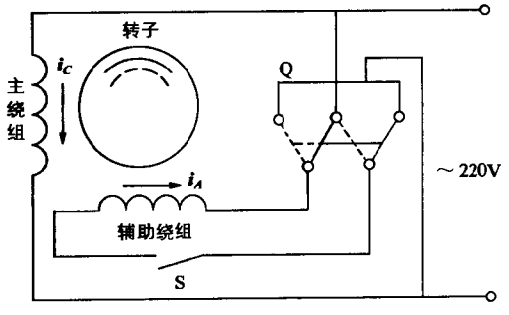


图 5－18　分相式电动机反转的接线原理图

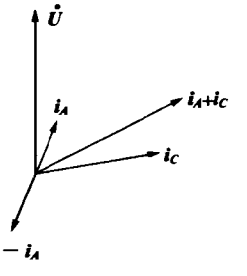


图 5－19　分相式电动机反转的电流向量图

二、电容式电动机的反转

图 5－20 所示为电容运转式电动机正、反向旋转的原理接线图。从图中可以看出，当开关 Q 在图中实线位置时，辅助绕组 i_A 超前于主绕组电流 i_C。此时，电动机正方向旋转。当转换开关 Q 投至图中虚线位置时，辅助绕组电流 i_A 的方向改变了 180°，致使主绕组电流 i_C 超前于辅助绕组 i_A，因而使电动机作反方向旋转，其电流向量图见图 5－19。

三、罩极式电动机的反转

罩极式电动机由于其定子结构和工作原理的不同，互换绕组接线端不能改变电动机的旋转方向。这是因为在罩极电动机中，是由于罩极的裂相作用，才使原来不具旋转性质的磁场变成了一个近似的旋转磁场。其旋转磁场轴线的移动方向是由磁极的未罩部分转向罩极部分，它不以电流进入绕组的方向

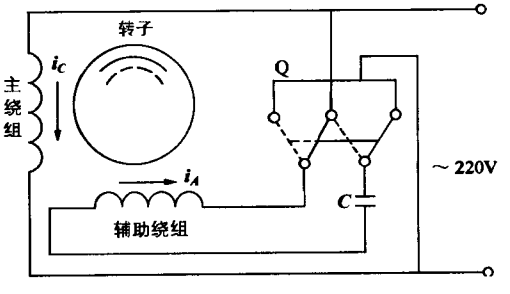


图 5－20　电容运转电动机反转接线原理图

来决定其转向。如要改变罩极电动机的转向，通常有以下几种方法。

1．集中磁极罩极式电动机的反转

对这种罩极式电动机的反转，要将电动机定子调头后再装进转子才能达到。这时因调头而使定子反转了180°，磁极的未罩部分与罩极部分的相对位置改变了，如图5－21所示。由于电动机转子的旋转方向始终是由未罩部分转向罩极部分的，所以，当罩极电动机定子调头重装后，就可以改变它的旋转方向。

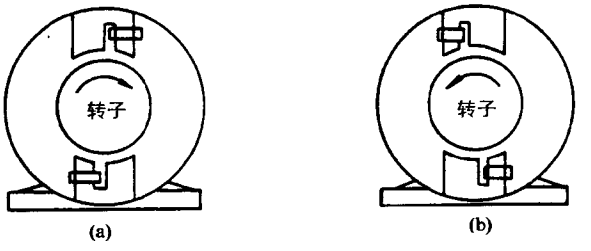


图5－21　将定子调头装配来改变罩极电动机转向

(a) 调头前为顺时针方向旋转　(b) 调头装配后为反时针方向旋转

2．分布绕组罩极式电动机的反转

如图5－22所示，在电动机的定子槽中嵌放有一套分布式主绕组和两套分布式罩极绕组。罩极绕组和主绕组具有相同的极数。利用转换开关Q的转换作用，让两套罩极绕组交替地运用其中一套，就能使电动机作正、反向旋转。

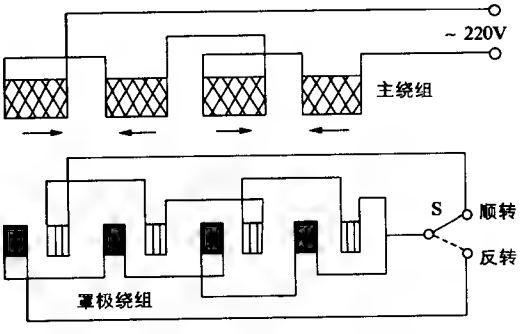


图5－22　双罩极绕组正反转接线原理图

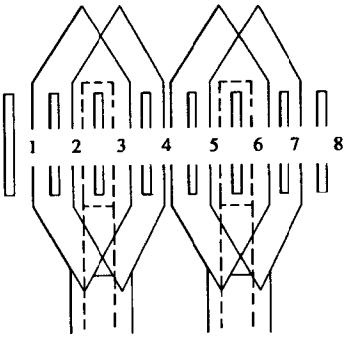


图5－23　双主绕组在一个磁极内的分布图

3．双主绕组罩极电动机的反转

如图5－23所示，在电动机定子槽中嵌放有两套主绕组和一套罩极绕组。罩极绕组可以是短路铜环式，也可以是线绕短路线圈。需要电动机作顺时针方向的正向旋转时，只需将一套主绕组接入电路，另一套主绕组断开不用；当需要电动机反向旋转时，则将第二套主绕组接入电路并使第一套主绕组断开不用。图5－24所示为一台4极12槽罩极电动机采用双主绕组和一套罩极绕组的绕组布置图。从图中可以看出，两套主绕组与罩极绕组在定子铁心内的相互位置。

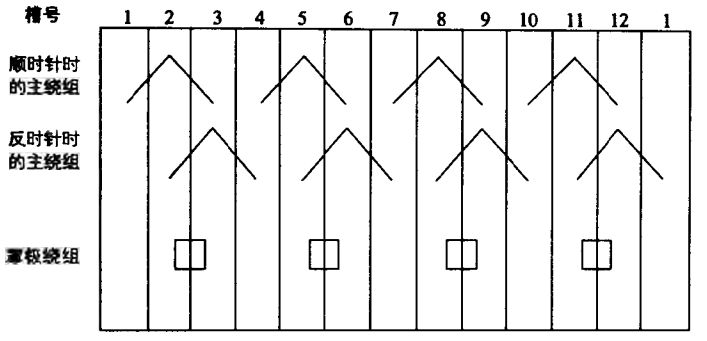


图 5－24　4 极 12 槽双主绕组的绕组分布图

习　　题

1. 单相电动机有哪几种调速方法？它们是怎样进行调速的？
2. 为什么改变绕组的极对数就能改变电动机的转速？
3. 自耦变压器调速有哪几种接法？它具有哪些特点？
4. 什么是绕组抽头调速？这种调速方法有何特点？
5. 绕组抽头调速有哪几种接法？它们各有何特点？
6. 什么是绕组串并联调速接法？采用这种绕组调速的风扇为什么叫节能风扇？
7. 单相分相式和电容式电动机怎样才能反转？为什么？
8. 单相罩极式电动机怎样才能反转？为什么？
9. 单相罩极式电动机有哪几种反转的方法？

第 6 章　单相电动机绕组与起动装置的故障及检修

单相电动机的铁心及机械部件一般较少出现故障，因为这些部件均非常坚实。而绕组和起动装置却不同，它们是电动机电气结构的核心，同时也是任务最繁重、结构最薄弱、最易受损产生故障的部件。所以，绕组和起动装置的修理是很重要的一环。绕组的修理可以分为局部修理和全部绕组重换修理两类，本章谈及的是绕组局部修理和起动装置的检修。

第 1 节　定子绕组的故障及修理

绕组因长期过载发热使绕组绝缘老化，或绝缘受潮击穿等原因，均可能使绕组损坏而发生故障。单相电动机定子绕组常见故障有绝缘受潮、绕组通地、绕组短路和绕组断路等。

一、绕组绝缘受潮

受过雨淋、水浸的电动机，或环境潮湿而又长期未用的电动机，其绕组绝缘均可能受潮。这类电动机在重新使用前，必须要用 500 V 兆欧表（俗称摇表）检查绕组的绝缘电阻。其主、辅绕组、调速绕组对机壳的绝缘状况均要检测。如果主、辅、调几套绕组在定子内部没有串接在一起时，则在各套绕组的出线端之间也要检测。测得的绝缘电阻若小于0.5 MΩ，则说明电动机绕组绝缘受潮严重。这时，电动机需要经烘干处理达到合格后才能使用。绕组绝缘的加热烘干可采用灯泡、电炉、电吹风和烘箱进行。有些电动机由于使用日久绕组绝缘老化，可在烘干后再浸漆处理一次，以增强其绝缘能力，提高电动机使用寿命。

二、绕组通地故障

电动机如长期超载运行，将因温升过高而导致绝缘老化。或因受潮、腐蚀、定、转子相擦、机械损伤、制造工艺不良等，都有可能产生绕组通地故障。绕组通地时整个电动机都会带电，将使电气设备线路失控，时间久了还可能因绕组长时局部过热而发展成短路故障，使电动机无法正常运行，甚至引起人身伤亡的严重事故。绕组如发现通地故障，应立即停止使用并进行检试修复。单相电动机绕组通地故障的检查有以下几种方法。

1. 外观检查

仔细目测电动机定子铁心内、外侧、槽口、绕组直线部分、端接部分、引出线端等，看有无绝缘破损、烧焦、电弧痕迹等现象，以及绝缘烧焦的气味，仔细观察找出故障处。

2. 兆欧表检查

对额定 220 V 以下的单相电动机，可用 500 V 兆欧表检测。测量时，兆欧表的火线接电动机绕组，另一根地线接电动机金属外壳。按照兆欧表规定的转速（通常为 120 r/min）转动手柄，如指针指零，就表示绝缘击穿、绕组已通地。假如指针在零附近摇摆不定时，则说明它尚具有一定的电阻值。图 6－1 所示为用兆欧表检查绕组通地的接线。

3. 220V 试灯检查

如没有兆欧表，可以用 220V 电源串接灯泡进行检查，如图 6－2 所示。测试时，如灯

泡发亮，则表明绕组绝缘损坏已直接通地。这时可拆开端盖取出转子，检查出绕组的通地故障点。不过采用这种检测方法时要特别注意人身安全，以防触电伤人。

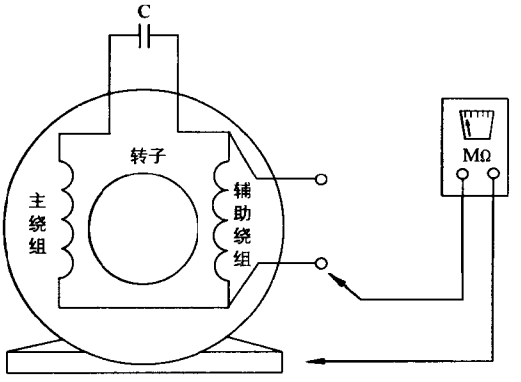


图 6－1　用兆欧表检查绕组通地故障

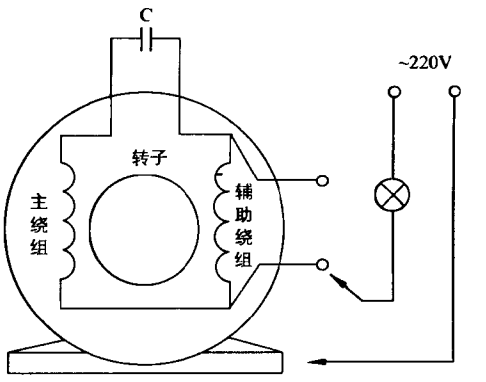


图 6－2　用试灯检查绕组通地故障

4．万用表检查

可用万用表 R×10k 挡检测绕组接地故障。测量时，万用表的一根线接绕组接线端，另一根线接电动机外壳。如测出的电阻为零，则说明绕组已直接通地。当表上测出有电阻数值时，则要根据经验分析判断电动机绕组是受潮还是击穿故障。

5．绕组通地故障的修理

用以上方法还不能找到通地绕组的故障点时，则故障可能出在槽内。这时，先要找出主绕组、辅助绕组、调速绕组中哪套绕组通地，然后再把该套绕组按分组淘汰的方法，逐极查出绕组的通地故障点。查出故障线圈后，再根据绕组故障范围的大小、绝缘好坏程度、返修的难易等具体情况作出局部修理或是全部绕组重换的处理。

三、绕组短路故障

单相电动机由于起动装置失灵、电源电压波动大、机械碰撞、制造工艺差等多种原因，均可能导致电动机电流过大、线圈绝缘损坏而产生绕组短路。如不及时发现和检修，绕组将会迅速发热而导致故障范围扩大，严重时甚至会使整个绕组烧毁。绕组短路及检查方法通常有以下几种。

1．外观检查

绕组短路故障可分为匝间短路、线圈间短路、极相组间短路和主、辅、调绕组间短路。发生短路时，由于短路线圈内产生很大的环流，导致线圈迅速发热、冒烟、发出焦臭气味以及绝缘物因高温而变色等。除一些轻微的匝间短路外，较严重的线圈间、极相组间、各套绕组间的短路，经仔细目测大多能找到发生故障的位置。

2．空转检查

对于小功率的单相电动机的短路故障，如手头一时没有仪表，则可采取让电动机空载运转 15～20min（如出现烧熔金属体、冒烟等异常情况时则应立即停止运行），然后迅速拆开电动机两端的端盖，用手依次触摸绕组端部的各个线圈，对温度明显高于其它地方的线圈应仔细察看，直到找出故障点。这种方法非常简便，但对轻微的匝间短路却难以收效。

3．电桥表检查

先确定主绕组、辅助绕组、调速绕组中是哪套绕组短路。然后用电桥表逐一测量该套绕组各极相组的电阻值，其阻值明显比其它极相组阻值小时，即该极相组内可能存在短路线圈，继续查找极相组内各线圈就能找到故障点。

4．绕组短路故障的修理

如绕组绝缘未整体老化且短路线圈的导线还没有烧坏，则可以作局部修补处理，方法如下：

(1) 匝间短路的修理　这种故障是由于导线绝缘层破损而产生。此时，如槽绝缘受损轻微且短路的线匝数不多，就只需将短路线匝在端部剪断，再使绕组加热变软，而后用钳子将已坏的短路线匝从端部抽出，把原来的线圈依前接好，即可继续使用。抽出短路线匝时，注意不要碰坏相邻的完好线匝与线圈，以免扩大绕组故障范围。

(2) 短路线圈的修理　当整个线圈短路烧坏时，通常可采用穿绕法修理。进行这种修理时，首先要将电动机的短路线圈从两端剪断，并且使整个绕组加热变软，然后把剪断的线匝从槽内一根根抽出来。原来的槽绝缘尽可能拆除干净，按原来槽绝缘结构换上新绝缘。依照原线圈的导线型号、规格及线匝总长度（应比原线圈匝数总长度稍长些）选用导线，在槽内来回穿绕至绕足原有匝数。将穿绕线圈整形联接后，淋上绝缘漆烘干即可。

(3) 线圈间短路的修理　出现这种故障的原因，多为线圈绕线、嵌线的工艺问题。往往是由于各个线圈与本极相组内的其它线圈的过桥联接线处理不当，或者是线圈嵌线方法不对，以至线圈间的线匝存在严重的交叉。端部整形时经猛裂的锤击后，就很容易造成线圈间的短路。如短路故障点发生在绕组端部，则用复合绝缘纸垫好后即可修复。

(4) 整个极相组短路的修理　这种故障主要是极相组间的联接线上绝缘套管未套至线圈接近槽口的地方，或绝缘套管已被压破所致。一般同心式绕组多发生此类故障。修理这种故障时，可以将绕组加热使其变软后，再用理线板撬开引线处，把绝缘套管重新套至接近槽中的地方，或者用复合绝缘纸将短路处隔垫好，即可将短路处予以修复。

(5) 各套绕组间短路的修理　单相电动机主绕组、辅助绕组、调速绕组间，由于在嵌线过程中相间绝缘垫放不当，或因长期超载运行致使温升过高而绝缘老化破损，均可能形成短路故障。对这种故障的修理，首先仍要加热绕组使其变软，然后将故障处的绕组用理线板撬开，垫入复合绝缘纸后即可修复。

四、绕组断路故障

绕组由于受机械碰撞、焊接不良、严重短路等原因，都可能使线圈产生断路故障。绕组断路的检查比较容易，它可以用兆欧表、万用表或试灯检查等。用万用表检查时，先将表的开关转至电阻挡，然后从电动机接线板查起，先找出是哪套绕组已断相，再采用分组淘汰检查各极相组。检查时，拆开断相绕组测量各极相组的通断，不通的即有断路故障的极相组。接着检查极相组内各个线圈，直至最后找出断路线圈。断路故障点如发生在端部且相邻处绝缘完好，这时就只需重新联接和绝缘即可。假设断路发生在槽中，就必须采用穿绕法重换新线圈。

五、绕组接错故障

从前面我们知道，单相电动机定子绕组是根据电磁感应定律，按一定的规律、接线原则进行联接的。因此，我们一定要熟悉和掌握这些规律和原则，才能避免绕组的接线错误。绕

组接错时，轻则难以形成完整的旋转磁场，造成起动困难、电流增大、噪声刺耳等不利现象。严重时电动机甚至无法起动，并且发出剧烈的振动和吼声，电流也急剧上升。如不及时关断电源，就将很快发热冒烟而烧毁绕组。绕组接错的检查方法如下。

1．外观检查法

如果对绕组的联接线进行外观的仔细检查，追踪主、辅、调各套绕组的联接，绕组接错的位置一般都能找出来，检查可按下述方法进行。

(1) 极相组内各线圈联接的检查　极相组内各个线圈通常均采用多块线模连续一次绕成，线圈间利用绕线时的过桥线串接而成极相组。故在检查时只须注意不要嵌“反”了，因为一旦嵌“反”则这个线圈内的电流方向也会与极相组内其它线圈的电流方向相反，最终将削弱该极相组所产生的磁场强度。

(2) 显极接法的检查　对于采用显极接法的绕组，每套绕组各自均应按照“头与头相接、尾与尾相连”的接法进行联接。因此，可以根据显极接法这一接线原则，依极相组出线端所套绝缘管的走向逐一检查。只要仔细核对，绕组接错之处一般是不难发现的。

(3) 庶极接法的检查　对于采用庶极接法的绕组，则每套绕组各自均应按照“头与尾相接、尾与头相连”的接法进行联接。故可按庶极接法这一接线原则，依据极相组出线端所套绝缘管的走向逐一核对绕组的接法，绕组接错之处是很容易找出来的。

(4) 主、辅绕组出线端位置检查　从前面我们知道，单相电动机的主、辅绕组是按照相差 1/2 个极相组交替布置的，即主、辅两套绕组相差 90°电角度。因此，主绕组和辅助绕组的出线端应位于相邻两极相组内。调速绕组则与主绕组或辅助绕组同槽分布。依据上一点就可以方便地检查出它们出线端位置是否正确。

2．指南针检查法

如图 6－3 所示，将 3～6V 的直流电源依次通入主绕组和辅助绕组内，用指南针沿定子铁心内圆表面移动，对各极相组的磁场极性逐一进行检查，以核对电动机绕组接法是否正确，这就是指南针检查法。从图中我们可以看出，主绕组 U 相的 4 个极相组其磁场极性显示为相邻极相组的极性相反；辅助绕组 V 的 4 个极相组其磁场极性也显示为相邻两极相组

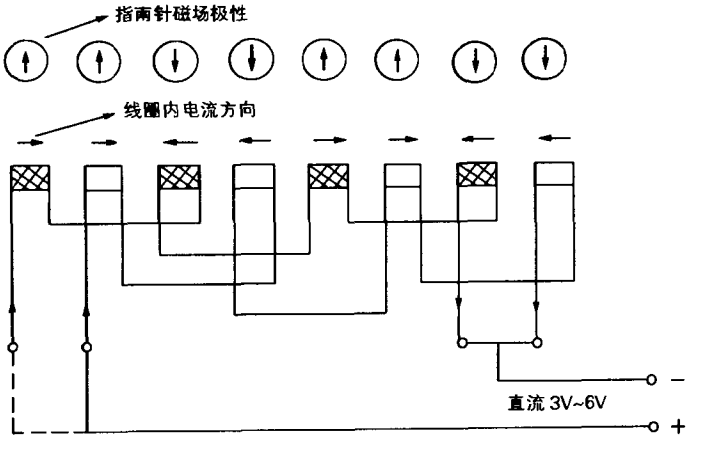


图 6－3　绕组接线正确时指南针显示的极性

的极性相反。只不过 U 相和 V 相的首尾出线端位置相差了 90°电角度，即 1/2 个极相组的位置。这样主绕组 U 相和辅助绕组 V 相共同建立了一个 4 极磁场。因此，经检查图 6－3 中电动机绕组的接线是正确的。

当电动机绕组内存在联接错误时，用指南针检查出的磁场极性将比较混乱，主绕组 U 相和辅助绕组 V 相将无法共同建立一个 4 极场。图 6－4 所示即为用指南针法检查出存在联接错误的绕组。从图中可以看出，主绕组 U 相从第 1 个极相组开始联接。这个极相组的头已作为 U 相出线端 U_1，尾则越过辅助绕组 V 相的第 1 个极相组去与本相极相组 2 的尾相接，极相组 2 的头则与本相极相组 3 的头相接，极相组 3 的尾则与本相极相组 4 的尾相接，剩下极相组 4 的头作为 U 相的出线端 U_2。该相完全是标准的显极接法，而且接线也是正确的，指南针的磁场极性也作了正确显示。

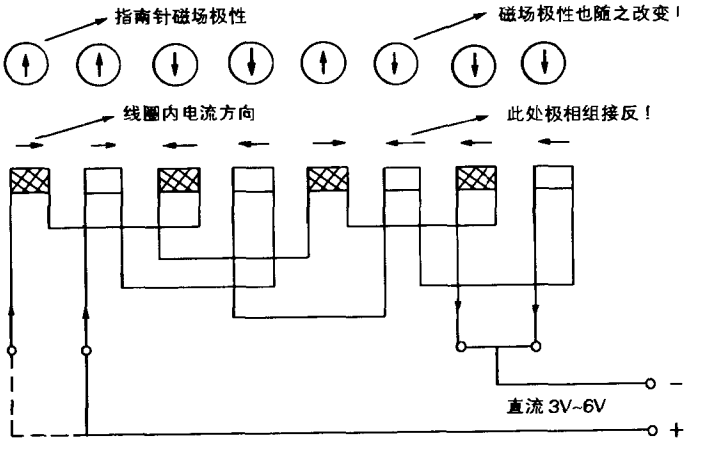


图 6－4　绕组接线错误时指南针显示的极性

现在我们再来看辅助绕组 V 相的联接。接线从极相组 1′开始，这个极相组的头已作为 V 相的出线端 V_1，尾则与本相极相组 2′的尾相接，极相组 2′的头原应与本相极相组 3′的头相接，但却错与极相组 3′的尾接了起来。随后，极相组 3′的头又错与极相组 4′的尾接了起来。从图中可以看出，指南针将极相组 3′和 4′接错后的磁场极性都准确地显示了出来。

用指南针检查法去检查绕组的接线，迅速而又准确，它是电机修理中实用而有效的一种检查方法。找出接错故障处后予以重接更正。

第 2 节　笼型转子绕组的故障及修理

笼型的转子绕组极少损坏，但因材料质量或制造工艺差、结构设计差，或起动频繁、操作不当、急促的正反转造成剧烈冲击等原因，也能导致转子损坏。笼型转子绕组导条断裂就是常见的故障。转子绕组断条后，电动机的转矩减小，负载运行时转速下降，起动困难，电磁声和振动增大等。检查转子断条常用的有以下几种方法。

一、外观检查法

对防护式电动机，可以在电动机起动时观察转子与定子之间的气隙处，看是否有火花闪

动，如有火花出现则说明转子极有可能已产生断条现象。然后可以拆开端盖取出转子，仔细检查转子铁心表面和端环处，看是否有断裂和过热变色的地方，如有的话则多为断条所在。

二、铁粉检查法

利用电磁原理在转子端环的两端接入极低电压的电源。然后将铁粉撒在转子铁心表面上，逐渐升高电压，使转子铁心的磁场得以增强到能吸住铁粉为止。这时如转子铁心表面的铁粉能按照槽的方向整齐地排列，则说明笼型转子绕组可能没有断条现象。若转子某槽它不能粘住铁粉或所粘铁粉很少，则该槽导条断裂的可能性极大。

三、短路侦察器检查法

如图 6－5 所示，在特制的短路侦察器上串接一个电流表。短路侦察器铁心的开口处要呈弧形，以吻合转子圆周表面使其能在短路侦察器上沿开口铁心滚动。检查时应对转子表面逐槽进行，如转到某槽时电流表数值突然明显下降，则说明该槽内的导条已经断裂。也可以不用电流表来检查，而是改用一根锯条或铁片放在所测槽口上面。如铁片或锯条被吸住就说明导条未断；若铁片或锯条不被吸住则说明该槽内导条已断裂。

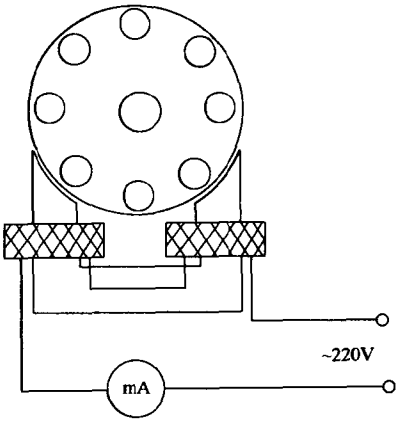


图 6－5　短路器检查转子断条

四、更换转子试验法

将型号、规格相同的单相电动机的转子换上，试运行一段时间。如果电动机在负载能力、转速、温升、振动和噪音等方面均转为正常，则说明被换下的转子笼型绕组中有导条断裂。

五、笼型绕组断条故障的修理

转子笼型绕组断条故障处经检查出来后，可按以下几种方法进行修理。

(1) 如断条发现在槽外或端环等明显部位时，可以采取将裂纹凿出 V 形槽，然后用气焊进行修补即可。

(2) 如果是个别笼条断裂时，也可以将断条钻掉并把槽内清理干净。然后制作一根与转子槽形相同的铝条打入槽内，再将铝条与端环用气焊焊牢即可。

(3) 若转子导条断裂较多时，则应全部更换笼型绕组。这时，先要车去转子两端的端环，并用夹具将转子铁心夹紧，以防止转子松散。然后将各槽换上比铁心稍长的紫铜条，在转子两端的槽口处把铜条朝同一方向打弯重叠，再用气焊将打弯重叠的铜条焊成端环，最后将其车削平整即可。

第 3 节　起动装置的故障及修理

辅助绕组是用来帮助起动的，电动机起动以后均由起动装置把辅助绕组从电源线路切断。如属电容起动和运转单相电动机，也要利用起动装置把一部分起动电容从线路切除。因此，起动装置对于单相电动机的安全准确运行有着极其重要的作用。

起动装置的类型是多种多样的，主要分为机械式和电气式两大类。机械式是直接利用电动机转动所产生的机械力来断开接点，如利用离心力断开接点的离心开关。电气式则是利用

电磁力、电热原理起动开关动作而断开接点，如电磁式继电器、热继电器等即属于这种型式。

常用的起动装置要求在单相电动机接入电源后，转速达到额定转速 75%～80%时，把辅助绕组自动从电路切除。因此，单相电动机的起动装置一定要工作可靠。如果在整个起动过程中不能断开起动用的辅助绕组，也就是说辅助绕组长期处于运行状态的话，这样就可能由于辅助绕组因线径小电流密度高而发热烧毁。所以，起动装置灵敏可靠的工作是电动机安全运行的保证。常见起动装置的故障与修理如下所述。

一、离心开关的故障及修理

这种起动开关结构复杂，而且要装在电动机端盖的内侧，维护、检修均不方便。它在单相电动机中的使用已日益减少，逐渐为其它型式的起动装置所取代。离心开关的主要故障如下。

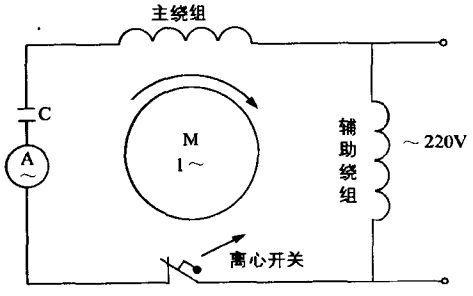


图 6－6　离心开关失灵未断开辅助绕组

1．离心开关短路

由于机械结构件的磨损、变形、动静触头烧熔黏结、簧片式开关簧片过热失效、弹簧过硬、甩臂式开关的铜环极间绝缘击穿，以及电动机转速达不到额定转速的 80%等原因，均有可能使离心开关触点不能断开辅助绕组与电源的联接，造成离心开关短路而使辅助绕组发热烧坏。对这类故障的检查，可采取如图 6－6 所示在辅助绕组线路中串入电流表的方法进行检查。如果电动机进入运行阶段后辅助绕组中仍有电流存在，则说明离心开关失灵而其触头未能脱开。这时应该查明原因对症修复。

2．离心开关断路

由于触头簧片过热失效、触头烧坏脱落、弹簧失效以致无足够张力使触点闭合、机械机构卡死、动静触头接触不良、接线螺丝松动或线端断开，以及触头绝缘板断裂使触头不能闭合等原因，都能使离心开关在电动机起动时其触点不能闭合。以致在起动时辅助绕组不能接入电源，电动机无法起动。离心开关的断路故障可用电阻法检查，即用万用表测量辅助绕组引出线端的电阻，这时应能测出几百欧的辅助绕组电阻。如阻值大大超出上述数值，则说明起动回路有断路故障。若进一步检查，可拆开端盖直接测量辅助绕组电阻，如阻值正常则说明是离心开关的故障。此时，应进一步查清原因找出故障点并仔细予以修复。

二、起动继电器的故障及修理

单相电动机用起动继电器有多种型式，其结构原理前面已作介绍。下面简述它们的常见故障及修理。

1．继电器工作失灵

该故障是指继电器不能准确完成特性规定的动作，致使电动机不能起动或辅助绕组烧坏。造成继电器工作失灵的主要原因如下。

(1) 弹簧的张力过大　这种情况多发生在电流型继电器中，常表现为触点易跳火，甚至不闭合，造成电动机辅助绕组未接通电源而不能起动。电压型及差动型继电器的常闭触点如不能断开，则辅助绕组将因长期接在电源上而发热烧毁。

(2) 弹簧的张力失效　当复位弹簧失效后其张力将大为减少。对电流型继电器来说，电

动机达到额定转速而其触点仍不能断开，则也将使辅助绕组因长期通电而发热烧毁。对电压型及差动型继电器，则可能会引起触点接触不良，或电动机尚在低速时辅助绕组即被过早脱离电源，从而造成起动困难。

(3) 参数改变　单相电动机起动继电器的工作特性是根据电动机起动特性来调整的。如电动机绕组在重绕修理后，其电压、线径、匝数等参数改变时，将会与继电器技术数据不匹配，容易引起工作失灵。同理，如继电器线圈重绕时参数也有可能改变，因而也会产生与电动机不相匹配的现象，造成继电器的工作失灵。

2. 继电器触头烧坏

这种故障可能形成触点脱落断路或黏结短路的情况，从而危及电动机不能起动或辅助绕组发热烧毁。产生这种故障的主要原因如下所述。

(1) 弹簧调节不当　弹簧张力调整过大或过小，均有可能使触头跳火而造成烧蚀或黏结。

(2) 触头接地　触头座绝缘损坏导致触头接地，也会烧坏触头。

(3) 辅助绕组短路　这时辅助绕组中会产生大的短路电流，使触头严重过载而损坏。

3. 线圈故障

线圈发生故障的主要原因如下所述。

(1) 匝间短路　由于线圈绕线、嵌线质量差，或使用中严重受潮，则容易引起线圈匝间短路故障。

(2) 主绕组短路　单相电动机主绕组如发生严重短路，其强大的短路电流可能导致继电器电流线圈烧毁。同时，随着辅助绕组中反电势的增加，电压线圈也可能因过电压而损坏。

对继电器故障的修理，关键是应分清情况查出原因，找到故障处予以修复。弹簧、触点等关键件，经检查如失效、烧蚀，则应及时更换，避免严重事故的发生。

3. 电容器的故障及检查

电容器是单相电容式电动机不可缺少的一个重要元件，由于采用了电容器移相，才使单相起动式、运转式、起动运转式获得优良的起动和运转特性。在小功率单相电动机中，利用电容器移相的电容式电动机的数量很多。因此有必要对电容器的基本知识作一些简要介绍。

(1) 电容器的类型　单相电容式电动机用的电容器，按它的结构可分类如下。

① 纸介电容器。它是用两片金属薄膜长条，中间隔了一层或数层腊纸作为介质。将金属薄膜条片卷成筒放入金属容器内，从金属薄膜条片上引出两根接线端以供接线用。

② 油浸纸介电容器。这种电容器中作为介质的绝缘纸是用油浸过的，紧缩卷成筒后放入装有绝缘油的金属容器内，这样可以增加电容器的绝缘强度，也有利于散热。

③ 电解电容器。其结构特点与上述电容器不同。它的结构和工作原理是这样的，其一个极板由高纯度（99.95%以上）的铝箔制成，并经过化学腐蚀加工使铝箔表面起伏不平，从而增大了极板的有效面积。电容器的工作介质则是利用电化学方法在铝金属表面生成的一层极薄的氧化膜。电容器的另一个极板不是金属，而是电糊状的电解质。将这种电糊状电解液浸附在薄纸上，其引线借助于另一个铝箔而作为电容器的另一个极。把铝箔与浸有电解质的薄纸叠起来并卷成圆形，密封在金属外壳内而成。将两个极板的接线端引出来，并分别标上“+”和“-”的两个极性。

前面的两种纸介电容器由于不是用电解质作介质，所以也就没有“+”、“-”极性可

分，故这种电容器适合于长期工作在交流电路中。而电解电容器由于有“+”“-”极性，如果将电容器加上相反极性的电压，则电解电容器会很容易被击穿而损坏。所以这种有极性的电解电容器用在交流电路时，其通电时间必须在几秒钟以内。并且重复使用的次数不能太频繁，否则极易损坏电容器。不过，在相同电容量和工作电压的情况下，电解电容器的价格要比纸介电容器便宜得多。

电容器的容量单位为“法拉”，简称“法”，用符号 F 表示。但这个单位在实用中太大，通常使用的单位为“微法”，用符号 μF 表示。1 法拉 $=1\times10^6$ 微法（即 $1F=1\times10^6\mu F$）。单相电动机所用电容器的容量一般均不大于 150μF。选用电容器除了注意其电容量和额定电压应满足要求外，还应按不同用途、需要以及经济性来选用。例如，仅做起动用的电容器由于其带电时间短，便可以选用价格较便宜的电解电容器。

(2) 电容器的故障　电容器经过长期的使用或存放，均会使电容器的质量受到一定程度的影响而引起故障。常见故障有以下几种。

① 过电压击穿。单相电动机如长期工作在超过额定值的过高电压下，将会使电容器的绝缘介质被击穿而产生短路或断路。

② 电容量消失。电解电容器经长期使用或长期放置在干燥高温的地方，则可能因其电解质干涸而使电容量自然消失。

③ 电容器断路。电容器经长期使用或保管不当，致使引线、引线端头等受潮腐蚀、霉烂，引起接触不良或断路故障。

电容器如出现上述故障，将影响单相电容电动机的正常工作，严重的还可能烧毁电动机绕组。因此，发现问题就要进行故障分析，仔细检查予以修复。如发现电容式电动机出力不够时，则可检查电容器的容量是否符合要求。当电动机起动不起来时，则可以检查电容器是否断路或短路。

(3) 电容器的检查　电容器常用的检查方法有以下几种。

① 电容器容量检查。检查电容器容量时，可将被测电容器接入 50Hz 交流电路中，测量出通过电容器两端的电压和电流，如图 6-7 所示。此时，可由下式算出电容器的电容量：

$$C=\frac{I}{2\pi fU}\times10^6\ (\mu F)$$

式中　U——电容器两端外加的试验电压（V）；

I——电容器电路中的电流（A）；

f——试验电源频率（Hz）。

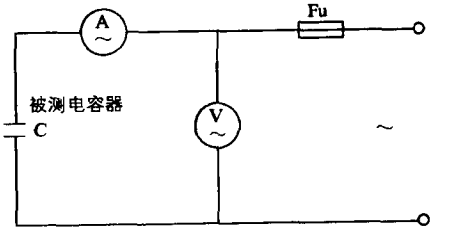


图 6-7　电容器电压-电流表法

② 伏安法检查电容器的断路和短路。用图 6-7 所示检查电容器容量的线路也可以检查电容器的断路和短路故障。因为电容器断路时所接电流表的读数将会为零，而如有短路存在时则电压表所测读数将为零。但是为了保护电路中的电流表，这时必须在电路中串入一个保险丝。

③ 万用表检查电容器的断路和短路。将万用表转到 10kΩ 或 1kΩ 挡，为确保测试安全可先将电容器内的残余电量放光，然后再检测电容器的故障。测量时，用万用表测量电容器两极之间的电阻。若阻值很大，即表针不动且又无充电现象，则极可能为出线端与极片脱离

的断路故障。如电阻极小且表针不返回原处者则为极间短路故障。

当电容器损坏后，单相电容式电动机的起动电容器和运转电容器的电容值，虽然也可以通过较为繁杂的计算方法算出来，但算出的电容值仍须在电动机的试运行中验证和调整，最后才能确定其数值。因此，最简便可靠的方法是仍按厂家所配电容器的相同型号和规格进行更换。如原来所配电容器遗失且又不记得其规格型号，则可参照同类型的单相电动机去选配电容器。

在电容起动式单相电动机中，为了获得较大的起动转矩，电容器的电容量一般可适当选大些。常用 CO、JY 系列单相电容起动式电动机，其起动电容器的电容值可按表 6－1、表 6－2 所列数值选取。

表 6－1　CO 系列电容起动式电动机电容值

电动机功率（W）	120	180		250	370	550	750
极　　数	2、4	2	4	2、4	2、4	2、4	2、4
起动电容值（μF）	75	75	100	100	100	150	200

表 6－2　JY 系列电容起动式电动机电容值

电动机功率（W）	180		250		400		600	800
极　　数	2	4	2	4	2	4	4	4
起动电容值（μF）	150	150	150	200	200	200	400	400

电容运转式电动机中，运行电容器的电容量则不可选得过大。否则，虽有较大的起动转矩，但却会影响电动机的运行性能。常用 DO、JX 系列电容运转式电动机，其运行电容器的电容值可按表 6－3、表 6－4 所列数值选取。

表 6－3　DO 系列电容运转式电动机电容值

电动机功率（W）	8	15		25		40		60		90		120		180	
极　　数	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
运行电容量（μF）	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6

表 6－4　JX 系列电容运转式电动机电容值

电动机功率（W）	4	8		15		25		40		60		90
极　　数	4	2	4	2	4	2	4	2	4	4	—	—
运行电容量（μF）	1	0.75	1	1	1.5	1.5	2.5	2	6	6	8	10

习　题

1. 单相电动机定子绕组的常见故障有哪些？产生这些故障的原因是什么？
2. 简述关于绕组受潮、通地、短路、断路、接错故障的检查？
3. 简述怎样修理绕组的受潮、通地、短路、断路、接错故障？
4. 笼型转子绕组产生断条的原因是什么？怎样检查和修理断条故障？
5. 单相电动机的起动装置有哪两大类？对起动装置的基本要求是什么？
6. 离心开关主要有哪些故障？起动继电器有哪些常见故障？
7. 单相电动机用电容器有哪些类型？各有何特点？
8. 电容器常见故障有哪些？应采用什么方法进行检查？

第 7 章　单相串励电动机绕组及其修理

单相串励电动机具有转速高、体积小、重量轻、效率高、起动转矩大、过载能力强和调速方便等一系列优点，因而大量地应用于电动工具、家用电器、小型机床、化工、医疗等方面。如电锤、手电钻、电动板手、电刨、电动缝纫机、吸尘器、地板打腊机、高速离心机、电吹风、电动剃须刀等，均使用功率大小不一的单相串励电动机作动力。

单相串励电动机的主要缺点是噪声和振动较大。由于换向困难致使电刷容易产生火花，从而对无线电带来较大的电磁干扰。

第 1 节　单相串励电动机的工作原理

单相串励电动机的工作原理与直流串励电动机的工作原理完全相同。为了更容易理解单相串励电动机的工作原理，我们先简要地概述直流串励电动机的工作原理。

一、直流串励电动机的工作原理

直流串励电动机的工作原理如图 7－1 所示，从图中我们可以看出直流串励电动机的励磁绕组与电枢绕组是串联的。若按图中所示的直流电源极性接通电动机后，根据励磁绕组产生主磁通 Φ 的方向和电枢绕组的电流方向，利用电动机左手定则便可确定电枢将按逆时针方向旋转。由于电刷和换向器的换向作用，使电动机在旋转时，其位于一定磁场极性下的电枢导体内流过的电流方向保持不变。因此，电枢的旋转方向也将保持不变，而继续沿着逆时针方向旋转。

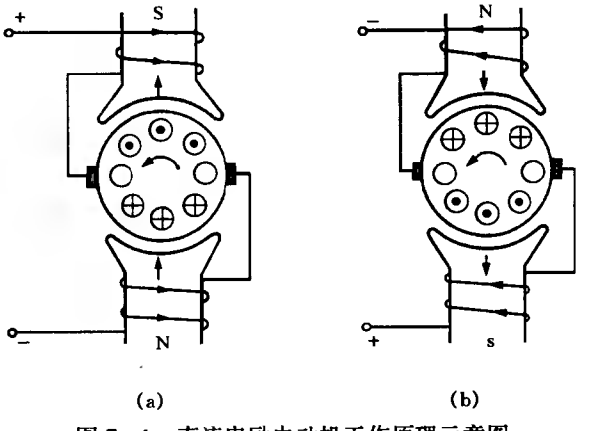


图 7－1　直流串励电动机工作原理示意图

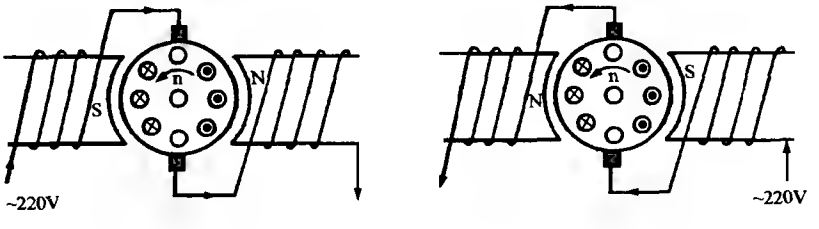
如将图 7－1（a）所示电动机所接的直流电源极性掉换后，就成为图 7－1（b）所示的情形。在直流电源反接以后，虽然进入直流电动机绕组的电源极性已有改变，但由于励磁绕组与电枢绕组是串联的，因而主磁通 Φ 的方向和电枢绕组内电流同时改变。根据电动机左手定则可知，主磁通与电枢电流同时改变方向时，电枢的旋转方向保持不变。故图 7－1（b）中电动机仍将按逆时针方向旋转。

二、单相串励电动机的工作原理

从上面我们已知道，直流串励电动机定子磁极的极性是固定不变的。电动机在运行时，电枢绕组经换向器和电刷的联合作用，保证电枢绕组各单个元件边相对于磁极的电流方向不变，从而使直流电动机的旋转方向也保持不变。若同时将直流电动机磁极的极性和电枢电流

方向改变，则直流电动机的旋转方向将不会改变。

如果我们将上述直流串励电动机改接到单相交流电源上。这时，虽然电源的极性在反复不断地变化，但电动机励磁绕组和电枢绕组内的电流也同时改变，因而电枢的旋转方向却能始终保持不变。其情形如图 7－2 所示。所以，单相串励电动机实质就是运行在单相电源上的直流串励电动机。只不过这两种电动机的设计参数各不相同而已。这也就是单相串励电动机能应用于交、直流两种电源的根本原因。



(a)　　(b)

图 7－2　单相串激电动机工作原理示意图

在图 7－2 所示的单相串励电动机中，如电流 i 是按正弦规律变化（即电网交流电源），即 $i = I_m \sin\omega t$。这样，定子磁场的磁通也将按正弦规律变化，如图 7－3 所示。

根据电动机电磁力矩公式 $m = CM\Phi i$，电流为正半周时，电磁力矩 $m = CM\Phi i > 0$；当电流为负半周时，电磁力矩 $m = CM\Phi i < 0$，如图 7－4 所示。

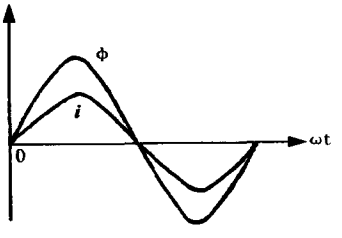


图 7－3　励磁电流与磁通关系

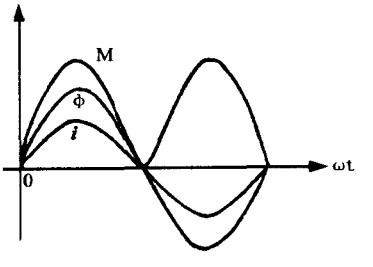


图 7－4　电流、磁通、电磁力矩的关系

从图 7－4 可以看出，电磁力矩总是正值，因而能保证电动机旋转方向与电流方向的交变无关。电磁力矩以 2 倍电源频率变化，它的平均值 M_p 为最大值的 1/2。

由上述可知，单相串励电动机的旋转方向是由定子主磁通方向和电枢电流方向共同决定的。因此，单相串励电动机如要改变旋转方向，必须改变产生主磁通的定子励磁绕组内电流方向，或改变电枢绕组内电流方向才能实现。不过绝大多数单相电动机都是设计成单向运转的，因为被其拖动的机械负载大多不用双向运行。

由于单相串励电动机均制成 2 极，因而其转速 n 为：

$$n = \frac{60E}{\Phi w} \quad (\mathrm{r/min})$$

式中　E——感应电动势（V）；

Φ——磁通（Wb）；

w——电枢绕组总导体数。

根据上式可知，可以通过改变磁通或导体数来获得所需的转速。例如 Φ 越大、w 越多则转速 n 越低，反之则转速 n 越高。

单相串励电动机的转速每分钟可以高达 20000 转以上。一般均在 4000 转到 10000 转，当转速低于 4000 转以下时，电动机的各项性能就比较差了。

单相串励电动机可以采用交流电源，也可以用于直流电源。当交流电压有效值在与直流电源电压值相等时，电动机的转速、转矩、机械特性相同。

第 2 节　单相串励电动机的结构

单相串励电动机的构造与小功率直流电机相似，它主要由定子、电枢、换向器、电刷、电刷架等部件组成。现分别简介如下：

一、定子部分

单相串励电动机的定子由定子铁心和励磁绕组（简称磁极线圈）构成。为减小涡流损耗，定子铁心由 0.5～0.35mm 厚的硅钢片叠装而成。小功率单相串励电动机定子铁心、线圈如图 7－5 所示。定子铁心和线圈安装如图 7－6 所示，铁心为凸极式，绕组为集中式。

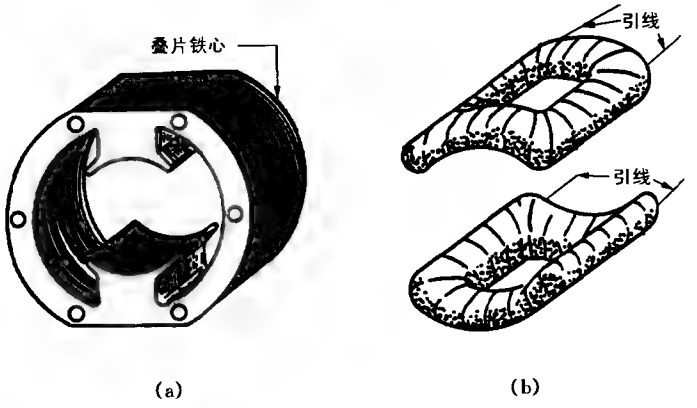


图 7－5　串励电机定子铁心和线圈

（a）定子铁心；（b）定子线圈

单相串励电动机的定子上装有励磁绕组，功率大于几百瓦的电动机还另装有换向绕组和补偿绕组。图 7－6 所示这种小功率单相串励电动机的特点是既没有换向极，也没有补偿极。它的最大功率不超过几百瓦，主要用于各种电动工具，如手电钻、电锤及家用电器中。单相串励电动机的功率小于 200W，一般制成 2 极，功率大于 200W 时一般制成 4 极。

二、电枢部分

电枢是单相串励电动机的旋转部分，它由电动机转轴、电枢铁心、电枢绕组和换向器组成。通常冷却风扇也固定在电枢转轴上。电枢铁心用 0.5mm 厚硅钢片沿轴向叠装后，将转轴压入其中。电枢铁心冲片的槽形一般均为半闭口槽，在槽内嵌有电枢绕组。电枢绕组内各

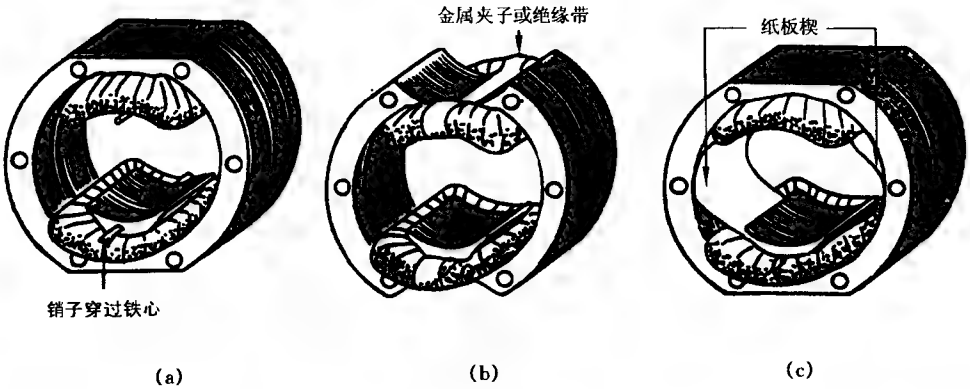


图 7－6　串励电动机定子励磁线圈的安装

(a) 铁心中穿入销子固定；(b) 用金属或绝缘带固定；(c) 用纸板楔固定

线圈元件的首、尾端与换向器的换向片相焊接，构成一个闭合的整体绕组。单相串励电动机的电枢冲片如图 7－7 所示。为了简化工艺，电枢铁心的槽一般制成与转轴的轴线平行，如图 7－8 所示。但也可以叠装成斜槽形式，即槽与转轴轴线间有一个夹角，如图 7－9 所示。斜槽结构虽然在工艺上较为复杂，但它可以使磁极极面与电枢铁心间的磁阻变化较小，从而起到减弱电动机运行时噪声的作用。

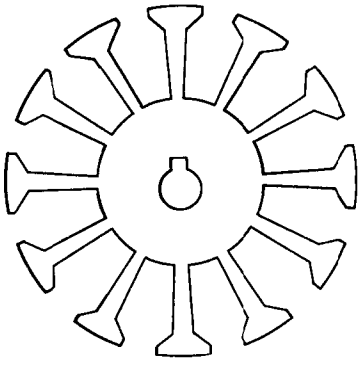


图 7－7　单相串励电动机电枢冲片

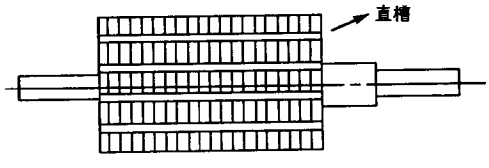


图 7－8　电枢铁心槽式结构示意图

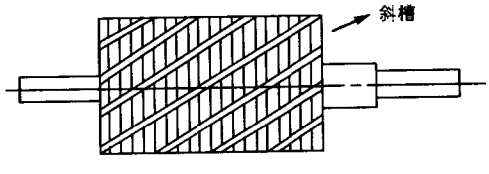


图 7－9　电枢铁心斜槽式结构示意图

三、换向器部分

单相串励电动机电枢上的换向器结构与直流电动机中的换向器结构相同。它是由许多换向片围抱在一个绝缘圆筒面上制成的，各换向片间则用云母片相互绝缘。换向片加工成楔形，各换向铜片下部的两端有 V 形槽。在这两端的槽里压制塑料，使各换向片紧固成一整体，并使转轴与换向器相互绝缘。这样的机械和绝缘结构，可以承受高速旋转时所产生的离心力而不变形。在电动工具中，单相串励电动机采用的换向器一般有半塑料换向器和全塑料换向器两种结构。全塑料换向器就是在换向片间全部采用耐电弧塑料绝缘的换向器。图 7－10 所示为单相串励电动机的换向器。

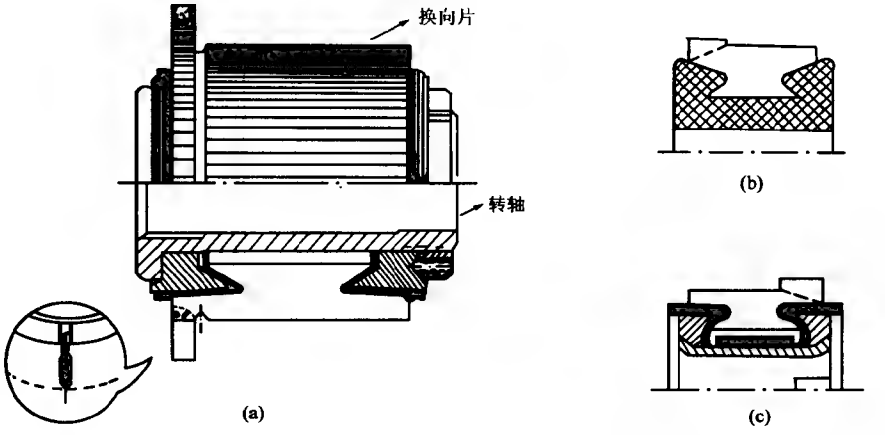


图 7－10　单相串励电动机换向器结构示意图

(a) 换向器结构；(b) 塑料换向器；(c) 用套筒固定

四、电刷架部分

电刷架一般用胶木粉压制底板，它由刷握和盘式弹簧组成。单相串励电动机的刷握按其结构型式，可分为管式和盒式两大类。目前，国内单相串励电动机的刷握结构大部分都采用图 7－11 所示的盒式结构。盒式结构的刷握具有结构简单、加工容易和调节方便等许多优点，故特别适合于需要移动电刷位置以改善换向的场合。盒式刷握的缺点是刚性差、变形大，不适应于转速高、振动大的电动机中。

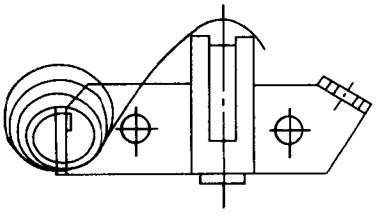


图 7－11　盒式刷握结构图

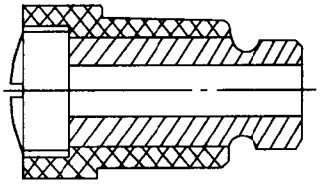


图 7－12　管式刷握结构图

图 7－12 所示为管式结构刷握，管式结构具有可靠耐用等优点，它恰好能弥补盒式结构的不足之处。但是管式结构刷握的加工工艺要求较高，而且外形也较难安排。

电刷也是单相串励电动机的一个重要附件，它不但担负电枢与外电路的连通，而且还与换向器配合共同完成电动机的换向工作。因此，电刷与换向器组成了单相串励电动机薄弱而又极为重要的环节。电刷与换向器之间不但有较大的机械磨损和机械振动，而且在配合不当时还将产生严重火花。故电刷是单相串励电动机良好运行的保证。

电刷的选择，主要是根据电刷的温升和换向器圆周速度而定。而电刷的温升则与电刷的电流密度、电刷与换向器的接触电压降、机械损耗以及电刷的导热性有关。而圆周速度过高则容易引起电刷和换向器发热，使火花增大。此外，在选择电刷时，还应考虑电刷的硬度和磨损性能等因素的影响。电动工具中的单相串励电动机采用的电刷多为 DS 型电化石墨电刷，表 7－1 所示为 DS 型电化石墨电刷的技术性能及工作条件。

表 7－1　DS 型电化石墨电刷的技术性能及工作条件

型　　号		DS－4	DS－8	DS－52	DS－72
电阻系数（分接触法）（Ω·mm）		6～16	31～50	12～52	10～16
压入法硬度（N/mm²）		30～90	220～240	120～240	50～100
一对电刷的接触电压降（V）		1.6～2.4	1.9～2.9	2～3.2	2.4～3.4
摩擦系数不大于		0.2	0.25	0.23	0.25
50h 磨损不大于（mm）		0.25	0.15	0.15	0.2
工作条件	额定电流密度（A/cm²）	12	10	12	12
	允许圆周速度（r/min）	40	40	50	70
	电刷压力（N/cm²）	1.5～2.0	2.0～4.0	2.0～2.5	1.5～2.0

五、绝缘结构

单相串励电动机的绝缘结构与一般中小型电机大体相似，表 7－2 所示即为单相串励电动机常用的绝缘结构。

表 7－2　单相串励电动机绝缘结构

名　称	材　料　型　号
电 磁 线	QZ2 高强度聚脂漆包线
槽 绝 缘	0.15 聚脂薄膜青壳纸复合绝缘
浸 渍 漆	环氧无溶剂漆
浸渍次数	滴浸或浸渍两次

如没有环氧无溶剂漆，则可用 6440 环氧聚脂酚醛漆代替浸渍转子绕组，定子绕组则可用 1032 三聚氰铵醇酸漆代替。

用在电动工具中的单相串励电动机，为了确保操作安全，则必须采用双重绝缘结构，用符号回表示。所谓双重绝缘就是除了有一层工作绝缘之外，定子和转子还需要加上一层保护性绝缘，以加倍防止因漏电而导致人身触电的安全事故。采用热塑性聚碳酸酯塑料制成的机壳，就可以作为定子的保护性绝缘。如果机壳是采用铝合金制成，则可在机壳与铁心之间加一个 3mm 的塑料绝缘衬套，来作定子的保护性绝缘。至于转子，则可在转子铁心轴孔与转轴之间注入 4330 玻璃纤维塑料，来作为转子的保护性绝缘。也可用增强尼龙 1010 塑料，或塑料风扇将轴齿段与铁心轴段接在一起，以阻断电枢与工作部分的电气联接，来构成转子的保护性绝缘。

第 3 节　单相串励电动机的型号及铭牌数据

单相串励电动机的外壳上都有一块铭牌，它是我们识别这台电机基本性能的依据，也是正确使用和操控该电动机的技术指南。下面将分别介绍单相串励电动机的产品型号及其铭牌数据。

一、产品型号

单相串励电动机按照其所用电源的不同，可分为单相交流串励电动机（它适用单相交流电源的地方），以及交直流两用串励电动机（也称为通用式电动机）。后一种串励电动机既能用于单相交流电源，也能用于直流电源。

1. 单相串励电动机

U 型及 G 型属于单相串励电动机的老产品，由于它使用的量大面广，所以尚难全面停

止生产。新系列单相串励电动机为G系列，它是根据原一机部部颁标准JB1135－70G而生产的新系列标准产品，已替代以前使用的U型及G型产品。

G系列单相串励电动机为开启扇冷式，机壳用钢板拉制而成。功率有8、15、25、40、60、90、120、180、250、370、550、750W共12个等级。转速分为4000、6000、8000、12000 r/min 4个级别。由这12个功率等级和4级转速，组成38个不同规格的电动机。G系列电动机是以电机转轴中心到底脚平面的距离——即中心高来表示机座号的，它共分为4个不同的机座号，这4个机座号的具体代号是36、45、56、71。在每一个机座号内，均有三种不同长度的铁心，用铁心代号1、2、3表示。

U型、G型和G系列单相串励电动机，主要是为单相交流电源设计的。当用于直流电源时，其输出功率及额定转速均会有所提高。此外，还有一种专门设计成交、直流两用的SU型单相串励电动机。这种型号的电动机在结构上与单相串励电动机类似，但设计成无论在交流或直流电压下运行，它都具有相同的额定转速和相近的性能。

二、电动工具用交、直两用串励电动机

大多数电动工具都是采用交、直流两用串励电动机来作为动力头的。因此，下面对电动工具用交、直流两用串励电动机作一简要介绍。

JIZ系列电钻是一代老产品，该类产品成熟、质量稳定。第11章所示为它的部分技术数据。我国1966年对电动工具用单相串励电动机开始进行统一设计，定型生产了DT系列电动工具用单相串励电动机，第11章所示即为该系列电动机技术数据。1974年我国又对电动工具用交、直流两用串励电动机再次进行统一设计，它的主要性能及技术数据见第11章。从该章中可以看出，该设计仅以3～5种类型的标准冲片，就能经过多种组合而制出各种规格的单相串励电动机。而绝大多数电动工具都将以这些规格的电动机来作为它们的动力头。因而大大加强了单相串励电动机的通用性，方便了制造、维护和修理。

二、铭牌数据

电动机设计时根据技术条件的要求，规定了电动机正常运转时的工作条件。如正常运行时所能承受的工作电压、电流、温升等，这些数值称为额定值，均标示在电动机的铭牌上。单相串励电动机的额定值主要有额定功率、电压、电流、转速、温升、频率等，这些额定值与单相电动机均大同小异，下面仅简介几个具有不同特点的额定值。

1．额定功率

一般用途的单相串励电动机铭牌上标明的额定功率，与其它电动机一样，都是指其转轴上所输出的机械功率。

不过电动工具却不同，电动工具的铭牌上有时虽也标明电动机的额定功率。但这时铭牌上的额定功率却并不是指电动机所输出的机械功率，而是指电动机的输入功率。之所以这样是因为电动工具用单相串励电动机与单一的串励电动机不同。此时，电动机已经被整体设计在电动工具中，电动机已成为电动工具的一个部件，并且其负载已经被固定。因此，把电动机所能输出的功率标在铭牌上已没有多大意义。而将输入的电功率作为额定值标明在铭牌上，则可以说明电动工具耗电量的大小，这却是用户较为关心的主要性能之一。

2．额定转速

同其它电动机一样，对一般的单相串励电动机来说，铭牌上所标明的额定转速是指电动机的满载转速。我们知道单相串励电动机的空载转速要远比满载转速高。因此，在一般情况

下，单相串励电动机是不允许在额定电压下空载运行的。否则，电动机转速将上升到极高的危险值，导致电动机因此而损坏。对于在几十瓦以下的小容量单相串励电动机则又当别论，因为这时由于电动机本身的损耗相对较大，相当于电动机已经带上了一个负载，因而可以在额定电压下空载运行。对电动工具而言，铭牌上标明的额定转速，则可能是满载转速，也可能是空载转速，属哪种转速要视产品而异。故我们在看产品铭牌时对这一点必须特别注意。在一般情况下电动工具都是断续使用的，电动机将经常在空载下运行，为了防止转速过高、噪声过大，空载转速应严格加以限制。

3．额定温升

单相串励电动机多采用E级绝缘。按照标准，E级绝缘容许温升为75℃。即在此温升下正常运行，E级绝缘的使用年限为15～20年左右，一般电机均遵守这个规定。但电动工具用单相串励电动机却是个例外，因为电动工具的损坏主要是由于机械、振动、冲击、制动等因素所引起。它的使用寿命通常都比较短，一般在断续运行条件下，使用时间累计相加有1500h左右就很满意了。此指标远低于通用电机的使用寿命。因此，适当提高单相串励电动机的绕组温升，从绝缘老化的角度来看使用寿命则是完全允许的。

第4节　单相串励电动机的电枢绕组及其联接

单相串励电动机的电枢绕组与直流电动机电枢绕组相同。它也有两种不同接法的绕组，即叠绕组和波绕组。

由于单相串励电动机的换向比较困难，为了解决这一问题，单相串励电动机电枢采取了让换向片比铁心槽数多的特殊措施，来使电枢换向情况得以改善。单相串励电动机通常取换向片数为电枢槽数的2～3倍。从而使单相串励电动机电枢绕组的线圈元件与换向片的联接具有它自己的特点。

一、电枢绕组的联接

图7－13所示为单叠绕组的联接。这种绕组的特点是每一个线圈元件的首端和尾端分别接在相邻两换向片上，各线圈元件的首、尾端顺序串联相互重叠，故称为叠绕组。图7－14所示为单波绕组的联接，从图中我们可以看出，该绕组相邻联接的两个线圈元件成波浪形状，所以称为波绕组。这两种绕组性能上最大区别是并联支路数的不同，叠绕组的并联支路

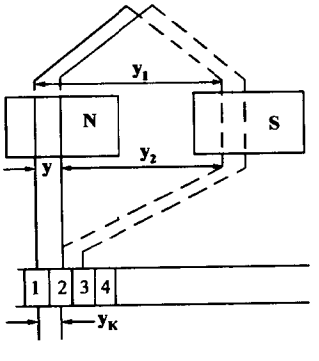


图7－13　电枢单叠绕组的联接

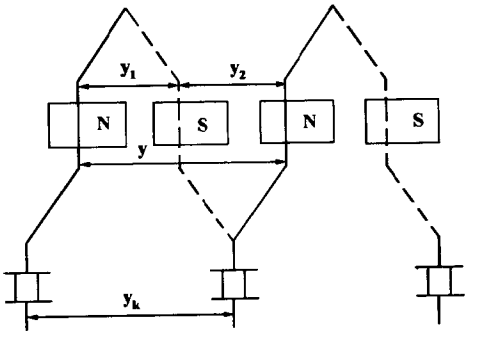


图7－14　电枢单波绕组的联接

数等于磁极数，而波绕组的并联支路数则不论电动机极数多少都永远等于2。对2极电动机而言，不论是叠绕组或波绕组，其并联支路数均为2，故无论采用哪种绕组其性能都会一样。但在实用中，2极单相串励电动机都采用叠绕组，而小功率单相串励电动机绝大多数又为2极，因此，单相串励电动机的电枢绕组主要采用的也就是单叠绕组。

二、电枢绕组的节距

如能认识和理解电枢绕组几种绕组节距的特征和意义，我们就能较容易地掌握电枢叠绕组和波绕组的联接。从图7－13和图7－14中可以看出，单叠绕组和单波绕组存在有以下4种绕组节距。

1．第一节距

也称后节距，一般用 Y_1 来表示。它是指一个线圈元件两条元件边之间的距离。根据 Y_1 的大小，可以将绕组元件分为全节距元件及短节距元件。

2．第二节距

也称前节距，一般用 Y_2 来表示，它是指某一个线圈元件的第二线圈元件边和相邻联接线圈元件的第一元件边之间的距离。

3．合成节距

一般用 Y 来表示，它是指两个相邻联接线圈元件对应边间的距离。

4．换向器节距

一般用 Y_K 来表示，它是指绕组线圈元件的首端与尾端所联接的两换向片之间的距离，该节距以换向片数计。

单叠绕组的线圈元件数等于换向片数，而换向片数则可与电枢槽数相等，也可为电枢槽数的2倍或3倍。例如9槽9换向片、9槽18换向片、9槽27换向片、12槽24换向片等。单相串励电动机通常取换向片数为电枢槽数的2倍至3倍。图7－15所示即为一台 $2P=2$、$Z=12$ 槽、$K=24$ 换向片、$Y_2=5$，即线圈元件跨距为1～6槽的电枢绕组接线展开图。

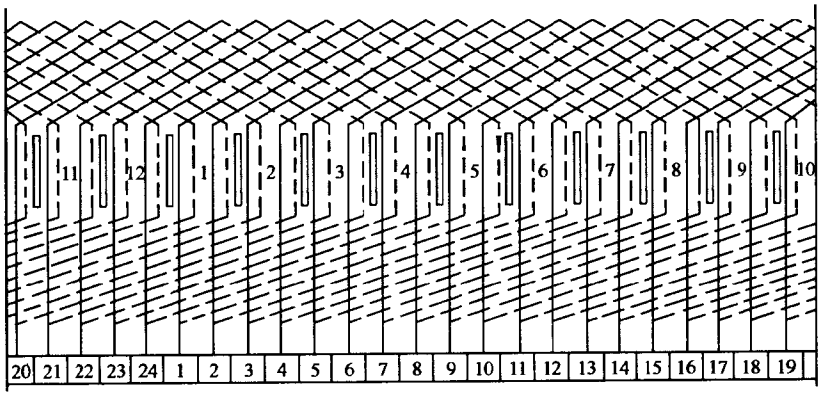


图7－15　2极12槽电枢单叠绕组展开图

三、单叠绕组联接的起始位置

单相串励电动机的电枢绕组在采用单叠绕组时，其第一个线圈元件边的首、尾端接到主

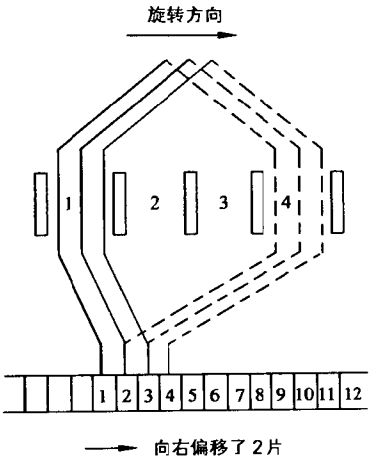


图 7－16　顺时针旋转方向时线端的起始位置

换向器上的位置极为重要。它直接影响到单相串励电动机换向性能的好坏，严重时甚至使电动机在运转中换向器产生极大的火花，以致使电动机无法正常使用。由于设计的不同，单相串励电动机电刷与磁极的相互位置不可能完全相同。因此，线圈元件首尾端接至换向器上的位置也就不会一致。单相串励电动机通常是根据电枢的旋转方向，来确定线圈元件线端接至换向器的位置。一般将线圈元件线端依据电枢槽中心线顺电枢旋转方向偏移 1～3 个换向片，来作为线圈元件线端接线的起始位置。如图 7－16 所示为电枢顺时针方向旋转时，线圈元件线端在换向器上的起始位置。图 7－17 所示为电枢逆时针方向旋转时，线圈元件线端在换向器上的起始位置。图 7－18 所示则为可逆转单相串励电动机其线圈元件线端在换向器上的起始位置。

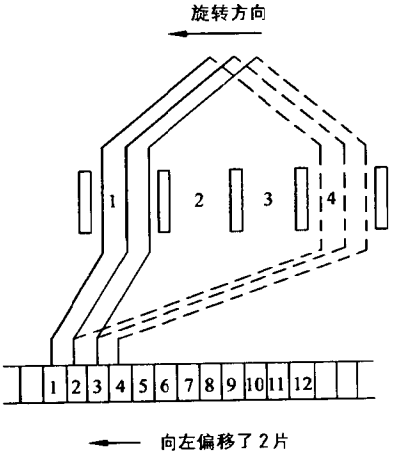


图 7－17　逆时针旋转方向时线端的起始位置

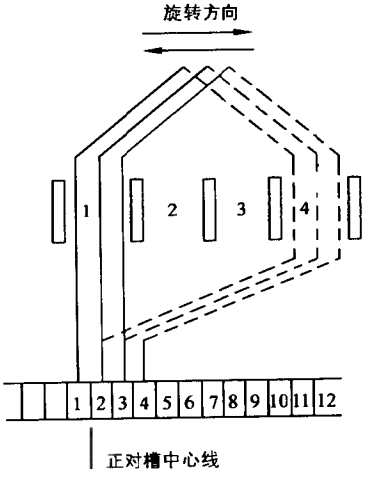


图 7－18　可逆转电动机线端的起始位置

第 5 节　单相串励电动机励磁绕组及整机联接

单相串励电动机的励磁绕组嵌置在定子铁心上，它们按照规定的接法先联接起来，然后再将定子励磁绕组与电枢绕组串接起来，进行整机联接后接入电源。下面将简介这些接法。

一、单相串励电动机励磁绕组的联接

单相串励电动机的励磁绕组均嵌置在定子磁极铁心上面，功率较大的电动机还加装有换向绕组和补偿绕组。励磁绕组用来产生主磁场，它大多采用集中式磁极线圈形式。换向绕组嵌装在换向极上，它主要用来改善电动机的换向。补偿绕组则用来抵消电枢反应，以改善电动机的换向条件和运行性能。在电动工具和家用电器中使用的单相串励电动机一般都只设置

励磁绕组，这主要是因为它们的功率都比较小的缘故。图 7－19 所示为一台 2 极单相串励电动机励磁绕组的联接，从图中可以看出，其联接也是采取显极接法。图 7－20 所示为带换向绕组单相串励电动机的绕组联接。

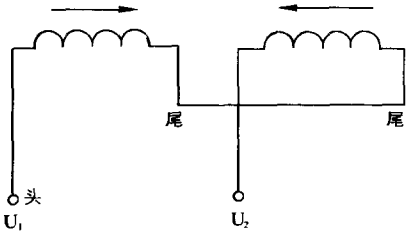


图 7－19　励磁绕组接线示意图

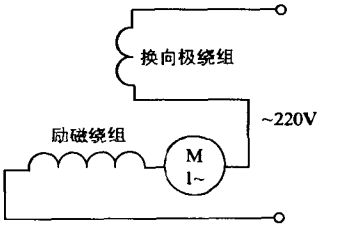


图 7－20　带换向极绕组的接线示意图

二、单相串励电动机的整机联接

单相串励电动机定子励磁绕组与电枢绕组的整机联接均采用串联接法。其串联方式分为两种，一种为两个磁极的励磁线圈分别串接在电枢绕组两端，图 7－21 所示即为这种接法。另外一种为定子励磁绕组的两个磁极线圈，先按照显极接法联接起来，然后再与电枢绕组串联起来。图 7－22 所示即为这种接法。

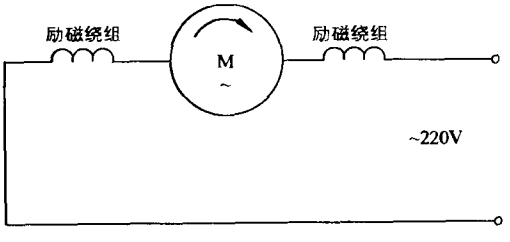


图 7－21　励磁绕组串接在电枢两端的接法

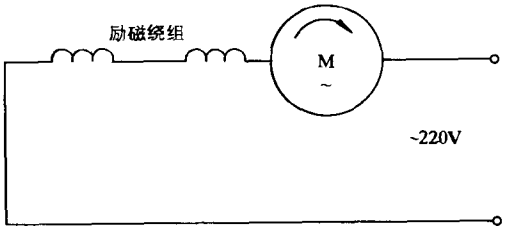


图 7－22　励磁绕组串接在电枢一端的接法

单相串励电动机的整机联接中，上述励磁绕组与电枢绕组的两种串联接法其原理均相同，在实际应用中图 7－21 所示接法用得较普遍。

三、交、直流两用串励电动机的接法

当单相串励电动机在交、直流两种不同电源下运行时，其机械特性将发生不同的变化。图 7－23 所示为单相串励电动机在交、直流电源下运行时的机械特性曲线。图中的实线是在直流电源下运行时的机械特性，虚线则是在交流电源下运行时的机械特性。从这两条曲线可以看出，当电动机的转速越低，则交流转速 $n_{\sim}$ 低于直流转速 n_{-} 的数值也越大。之所以出现这种的情况，是因为单相串励电动机的转速降低后，其功率因数也会随之降低。而功率因数越低，交流转速 $n_{\sim}$ 低于直流转速 n_{-} 的数值将越大。所以，单相串励电动机在交流电源下运行，比在直流

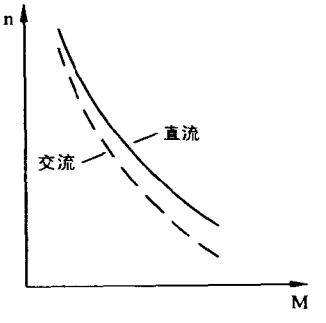


图 7－23　运行在两种电源下的机械特性

电源下运行时的机械特性要软，其机械特性的下降也更快。因此，从单相串励电动机的实用情况来看，如果串励电动机的额定转速比较高，那么它的功率因数也就会比较高，其交流转速 $n_{\sim}$ 与直流转速 n_{-} 就会比较接近。例如电动工具用单相串励电动机，其转速高达 9900～14300 r/min。这样，使用时就无须采取特殊措施即可在交流、直流两种电源下运行，其电气、机械性能也基本上一样。

如果单相串励电动机的额定转速比较低，它的功率因数也就会比较低，这时交流转速 $n_{\sim}$ 低于直流转速 n_{-} 的数值就会比较大。为了保证单相串励电动机在两种电源下工作时，其转速和各项性能较为接近。则电动机接在直流电源上时，需增加励磁绕组的匝数，以便增大磁通。使单相串励电动机在直流电源下运行的转速降低，从而达到在两种电源下电动机的转速和性能相近。通常增加的线匝串在励磁绕组的两端，如图 7－24 所示。SU 型交、直流两用串励电动机的额定转速只有 2500 r/min，由于转速低因而功率因数也就低，使得交流转速 $n_{\sim}$ 低于直流转速 n_{-} 的数值比较大。为了保证在两种电源下运行时具有相同的转速和性能，就增加了在直流电源下运行时单相串励电动机励磁绕组的匝数。

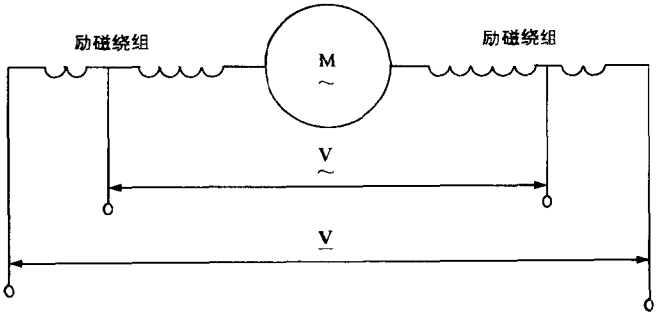


图 7－24　运行在交直流两种电源的绕组图

四、单相串励电动机防干扰电路的接法

当电动机工作时，它将产生高频电能。高频电能通过电动机的电源线或者辐射，可能会进入无线电接收机，干扰接收质量，严重时甚至无法收视或收听。因此，防止电动机产生的高频电能对无线电的干扰，是一个极为重要的问题。

在各类电动机中，单相串励电动机是产生无线电干扰最为严重的电机之一。

因为换向过程中所产生的火花及电弧，是产生无线电干扰的主要原因。而单相串励电动机的换向情况比较恶劣，火花也较严重，以致它产生的无线电干扰比其它电机更为厉害。

要减小单相串励电动机对无线电的严重干扰，除了应改善换向过程、对干扰源进行屏蔽、机壳可靠接地等方法外，还可以采取定子励磁绕组对称联接和增加滤波电路的办法，来抑制和削弱单相串励电动机对无线电的干扰。图 7－21 所示即为采取将定子两个磁极的励磁绕组分接在电枢两端的对称接法。这种接法对抑制无线电的干扰效果比较好，因为电动机的两根电源线都接有励磁绕组，它们都有一个很大的阻抗，不论干扰从哪根电源线传导出来，它都将受到很大的抑制而削弱。

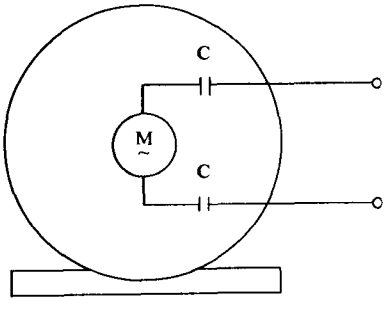


图 7－25　电容器双端滤波电路图

对于由电源线向外传播的干扰，也可以用图 7－25 所示的方法，接入电容式滤波器来进行抑制。由于两根电源线都可以向外传播，故每根电源线都接有电容。如电枢绕组的一端已接在机壳上，则干扰只能从另一

个线端向外传播。这时，就只需要在这个线端接上滤波电容即可，如图 7－26 所示。该滤波电容器的电容量一般在 0.1～1μF 之间，具体数值须经试验而定。所用电容器应优先选用电感系数较小的穿心电容。如果电容滤波仍达不到所需的干扰抑制程度，可附加一个电感量约为 50～500μH 的高频扼流圈，它与电容器一道组成电感－电容滤波器，如图 7－27 所示。

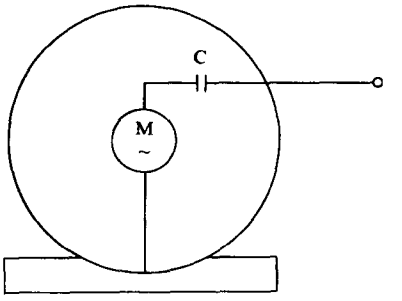
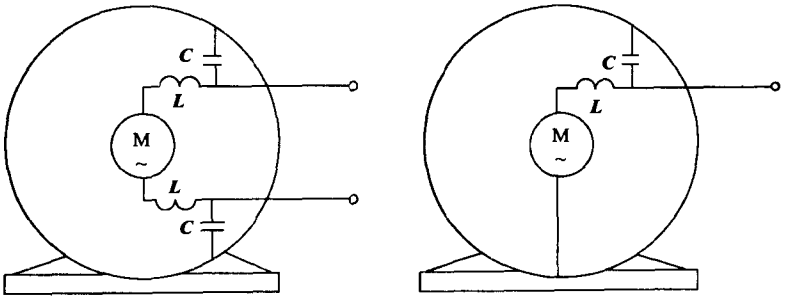


图 7－26　电容器单端滤波电路图

单相串励电动机工作时不仅对无线电广播、电视、通信产生干扰，而且对在其附近工作的电子仪器也会产生严重干扰。因此，必须采取有效方法进行抑制和削弱。



(a)　　(b)

图 7－27　电感－电容器滤波电路图

(a) 双端滤波；　(b) 单端滤波

第 6 节　单相串励电动机电枢绕组的故障及修理

电枢绕组是单相串励电动机结构件中任务最繁重、使用条件最恶劣、而又最易损坏的部件。单相串励电动机的绝大多数电气故障都是发生在高速旋转的电枢绕组上。图 7－28 所示

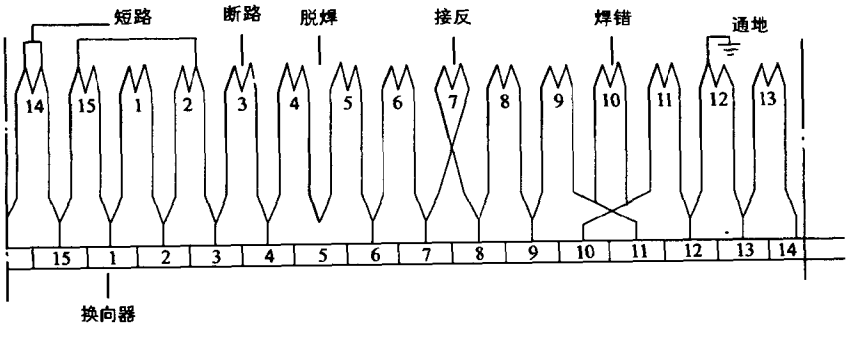


图 7－28　电枢绕组各种故障示意图

为单相串励电动机电枢绕组各种故障的示意图，电枢绕组常见的故障主要有：通地、短路、断路、接错等。同时，由于电枢绕组是通过换向器将单个线圈元件联接成一个整体绕组的，因而换向器本身发生的通地、短路故障就必然反映到绕组上面来。下面将简介电枢绕组和换向器的这些故障。

一、电枢绕组的通地故障

电枢绕组的通地故障一般发生在铁心两端的槽口、绝缘被毛刺或金属杂物损伤的槽中，以及易受潮气、污物侵害的换向器等薄弱的地方。对通地故障可以用以下几种方法进行检查。

1. 外观检查

仔细察看铁心两端槽口绝缘、槽底绝缘有无电弧烧伤、破裂，槽内绝缘有无移动，致使线圈直接与铁心碰接而形成通地的地方。如看不到接地痕迹，则要用其它方法进行故障检查。

2. 试灯或仪表检查

图 7－29 所示为用试灯法进行检查时的接线，图中将电源的一根线直接接到转轴上，另一根线串接一个灯泡后去接触换向片。如灯泡不亮，即说明绕组或换向器与转轴之间未形成通路，故无通地故障。如灯泡发亮，则说明绕组或换向器与转轴已接通，电枢已存在有通地故障。用灯泡的明暗来检查故障的试灯法，是检查电枢绕组常用的方法。

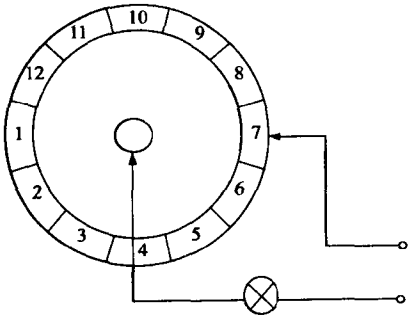


图 7－29　试灯法检查电枢通地故障

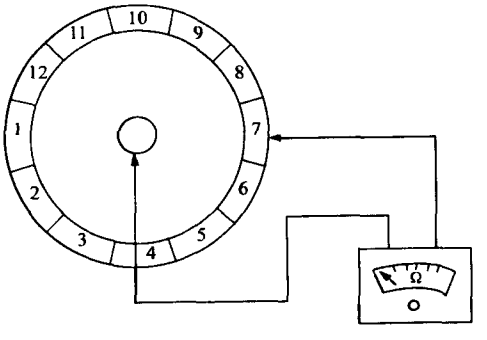


图 7－30　用电阻表检查电枢通地故障

如图 7－30 所示，绕组或换向器通地故障也可以用电阻表检查。这时可将表的一端接触在铁心或转轴上，表的另一线端接触在任一换向片上。电阻表如指示通路，就表明绕组或换向器有接地点。这时应继续逐片测量，当测出电阻值为零或最小时的一片换向片，此处就极有可能是通地位置。在通地故障不太明显时，用试灯法、电阻表法均有可能因电压太低而较难很快查出。这时如用电压较高的兆欧表检查就较易找出通地的故障处。

3. 短路侦察器检查

用短路侦察器检查电枢绕组或换向器的通地故障，将会更迅速更准确。如图 7－31 所示，将电枢平放在侦察器的开口铁心上。待侦察器接通电源后，用一只手将电枢徐徐转动，另一只手将镊子的一条腿接触到电枢转轴上，镊子的另一条腿则依次接触每片换向片。接触几片后，若没有火花产生，则证明绕组或换向片无通地现象。如果发现有火花产生，就说明绕组或换向器存在有通地故障。这时就应继续逐片试验，同时仔细观察每一换向片上火花的大小，火花最小或没有火花的换向片就极有可能是通地故障所在之处。

此外，还可以用短路侦察器配合低读数电压表（0～10V）来检查通地故障的位置。检测时，电压表的一根线端接在铁心或转轴上，表的另一线端则接在换向片上。当测量几片后，电压表指针若无反映，就证明绕组和换向器均无通地之处。如测量至某一换向片电压表有指示，则表明此处有通地现象，就可以继续测量。当测到电压为零或最小时的某一换向片，这里就极可能是通地故障的位置。

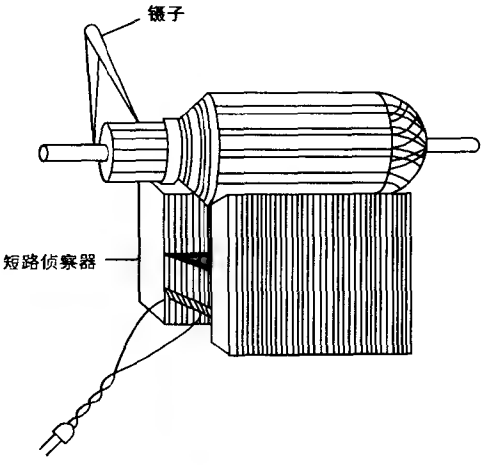


图 7－31　用短路侦察器检查电枢通地故障

通地故障的修理要视具体情况而定。如通地故障是发生在槽口、端部等绕组的外部位置，一般都是可以修好的。修理时，可用理线板将线圈与铁心相碰处小心地撬开，用新的同级绝缘材料插入绝缘破损处进行修补即可。

如通地故障发生在槽内，并且绝缘击穿通地的线圈元件只有一个。这时，可以采取图 7－32 的废弃法进行修理。修理时，先将通地线圈的线端从换向片上焊下来。焊下来的线端要分开放置并用绝缘带包扎好，使线端之间及与换向片之间不再接触，让这个通地线圈元件完全从电路上脱离，也就是废弃不用。焊下通地线圈线端的两片换向片再用联接线焊接好即可。

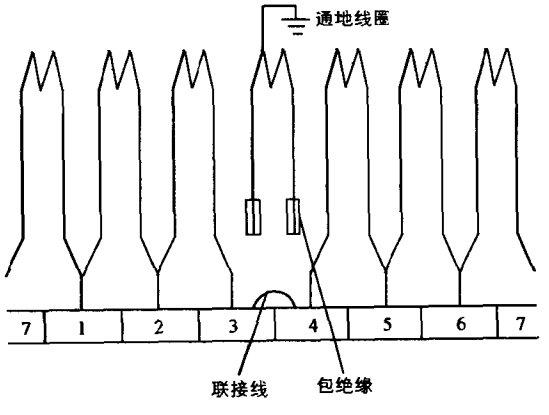


图 7－32　废弃一个通地线圈的处理方法

单相串励电动机电枢绕组或换向器出现通地故障后如仍继续运行，除会因电动机壳体带电危及操作者安全外，电动机的转速将会比正常运行时慢很多。电枢还将产生振动和出现异常的大火花，短时内绕组就会产生高温，如继续运转则很快就将因高温而使绕组烧毁。

二、电枢绕组的短路故障

单相串励电动机的电枢绕组或换向器，它们发生短路故障的情况是比较多的。造成短路故障的主要原因如下。

（1）电动机长时期超负载运行，电枢电流超过额定值，致使电枢绕组发热温升很高，久而久之造成绝缘加速老化。若超载时间长，便很容易因机械振动、过电压等其它因素而引发电枢绕组短路。

（2）电枢在高速旋转中，由于电刷与换向器之间在不断摩擦，致使碳粉、铜屑等残留在换向片之间的沟槽中。这些导电杂质积累多了，就会使相邻两换向片连通而造成片间短路。这样，与这两个换向片联接的线圈元件也就同样短路了。

（3）电枢绕组内线圈组之间承受的高电压，以及换向器每分钟万次以上激烈换向变化而感生的极高换向电势。在这两种电势的作用下，将很容易击穿导线、线圈的绝缘。尤其是在

负载过重、绕组受潮、导电杂质积累过多等情况下，更容易导致绕组间的短路。

电枢绕组的短路，根据其短路位置的不同，可分为以下三种情况。

(1) 一个线圈元件内本身的线匝短路，称为线匝短路。

(2) 同一槽内的线圈元件与线圈元件间的短路，称为线圈短路，如图 7－33 所示。

(3) 一个线圈组的线圈与另一个线圈组的线圈短路，称线圈组间短路，见图 7－33。

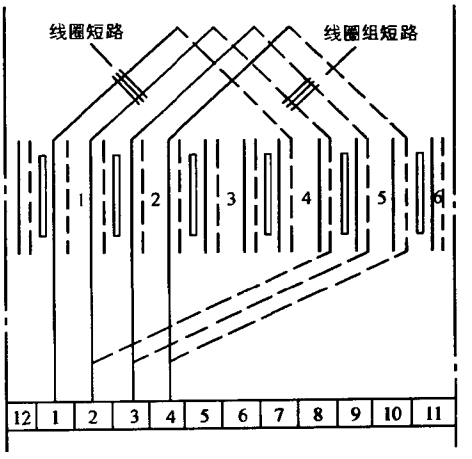


图 7－33　线圈间、线圈组间的短路

电枢绕组或换向器的短路故障，可以采用以下方法进行检查。

1. 外观检查

必须仔细察看绕组两端的槽口、端部、换向器等处，是否有碰伤、烧伤等短路痕迹。若看出异常之处，则需用其它方法进行检查。

2. 短路侦察器检查

检查方法如图 7－34 所示，将电枢平放在短路侦察器开口铁心上，再用一段小铁片或锯条平放在电枢的一个铁心槽上。待短路侦察器接通交流电源后，用一只手慢慢转动电枢，使电枢的每个槽逐次朝上。另一只手则拿锯条在位置朝上的槽上面逐槽试验。假如全部槽均试过以后，锯条在任何槽上都没有产生振动或都只有相同的轻微振动，则说明电枢绕组或换向器均没有短路之处。如果锯条在某个槽上产生剧烈振动并伴有响声时，就证明该处绕组确有短路故障。这时就要继续检测，进一步查明究竟有几个槽存在短路现象。若只有两个槽使锯条产生振动，就表明了只有一个线圈组发生短路故障。它可能是这个线圈组内的线圈相互短路，也可能是一个线圈内的线匝短路。如果有三个以上的槽使锯条产生振动，则可能是每个使锯条产生振动的槽内部有短路线圈，也可能是线圈组间相互短路。因为当线圈组与线圈组相互短路后，就破坏了电枢绕组内两条对称的并联支路，致使许多本来没有短路现象的槽内线圈，却有很大的短路电流通过，因而产生很强的交变磁场，导致锯条在许多槽上产生剧烈振动。所以，用短路侦察器检查电枢绕组或换向器的短路故障时，只能证明电枢绕组或换向器是否存在短路，却不能认定属于哪种短路情况，也难以确定短路故障的准确位置。遇到这种情况时，我们就要使用电压表来配合检查，去依次测量相邻两换向片(即一个线圈元件)的电压，如图 7－35 所示。无短路故障的线圈或换向片，测出的电压值均会基本相同。当测出的电压为零或数值很小时，即为绕组或换向片故障之处。用这种方法检查的时间不能太长，以免绕组因较大的短路电流而产生高温，从而加剧和扩大短路故障。

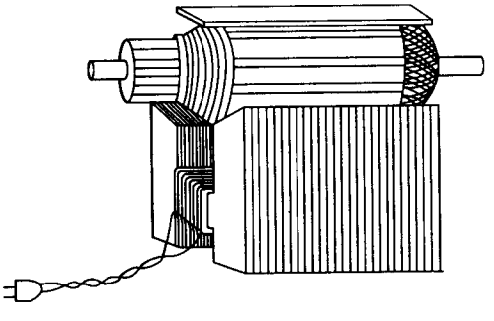


图 7－34　用短路侦察器检查电枢短路

3. 用电阻表检查

当使用电阻表检查每个线圈元件内是否有短路时，可依次测量相邻两换向片间的电阻，

如图 7－36 所示。检查同一槽内的多个线圈元件时，其线端联接的多对换向片所测出的电阻应完全相同，这就证明它们不存在短路。因为同处一槽内的多个线圈元件是一次绕成的，故各线圈元件的电阻值均应该相等。但分处各槽中的各线圈组由于不是同时绕制，难免存在着松紧不一长短相差的情况，因而各线圈组的电阻数值也就会略有差异。不过，每个线圈组内各线圈元件的电阻值都将会是相等的。如发现某两换向片间的电阻值特别偏小或为零，则说明联接在这两换向片上的线圈元件极有可能存在短路故障。

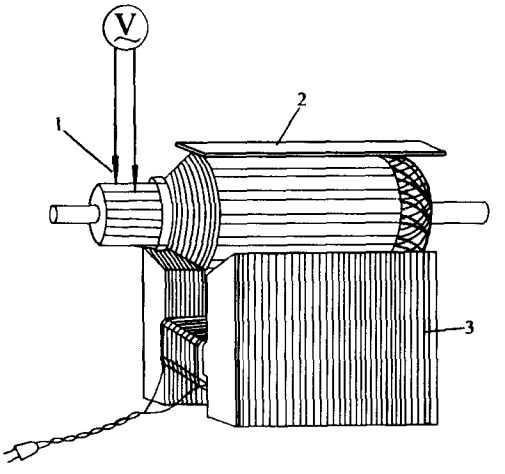


图 7－35　用短路侦察器检查电枢绕组短路
1—表笔；2—锯条；3—短路侦察器

检查线圈之间是否短路时，可如图 7－37 所示，先测量换向片 1 和 3，再测量换向片 2 和 4，然后测量换向片 1 和 4。其余的换向片都这样依次测量下去，直到全部测完为止。如果测得换向片 1 和 3、2 和 4 的电阻值均等于二个线圈元件的电阻值，而换向片 1 和 4 的电阻值则等于三个线圈元件的电阻，就说明这些线圈元件的相互间没有短路。若测得的电阻比上述数值小很多，则线圈相互间就可能短路了。

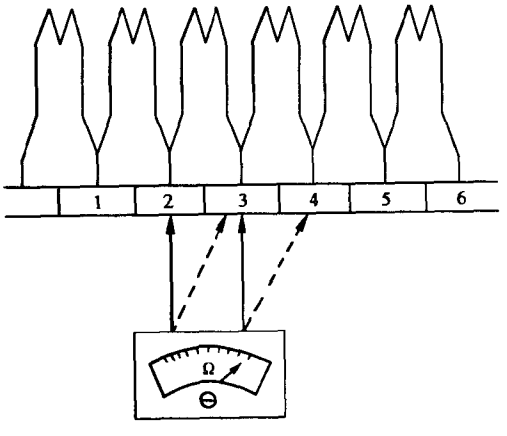


图 7－36　用电阻表检查线圈内的短路

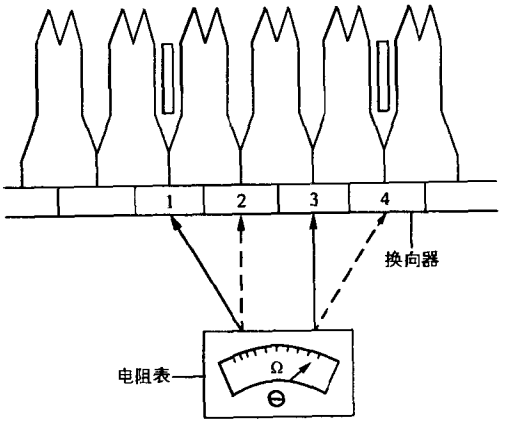


图 7－37　用电阻表检查线圈间的短路

检查线圈组之间是否短路时，可如图 7－38 所示，将电阻表的两根测试笔，分别接触在换向器直径相对的位置上，依次测量换向器对角的电阻数值。在实际进行检查时，可采取一手拿着两根测试笔，用另一只手缓慢而均匀地转动电枢，对换向器逐片检查。电枢转过几圈后，若电阻表的读数始终没有变化，则表明电枢绕组正常而不存在短路。如果发现在某些换向片上的电阻数值逐渐减小，然后又逐渐增大至原来的读数，就说明线圈组相互间存在有短路现象，这时要在读数有变化的换向片间反复测试。当测试出读数较小的两对角换向片后

(例如图 7－38 中的换向片 12 和 23 处)，此时可将电阻表的一根测试笔（假定为红色测试笔）就接触在原处不动，而用另一根测试笔（黑色测试笔）从它接触的换向片起，朝换向器左右两个方向逐片测试。假如先向左边测量后电阻表的读数是增大时，就应改向右边测量，这时电阻表的读数将必然逐渐减小。在测出的读数为最小值的那片换向片上标一个记号，黑色测试笔就接触在做记号的换向片上不动。然后再用红色测试笔以同样方法测出电阻表读数为零或数值最小的一片换向片，并在这换向片上也做好记号。实际上这两处做记号的换向片就是有短路故障的位置。如图 7－39 中的换向片 8 和 16。

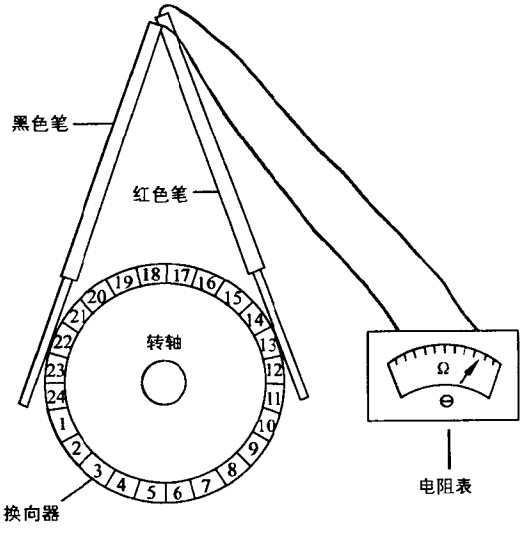


图 7　38　用电阻表检查线圈组间的短路

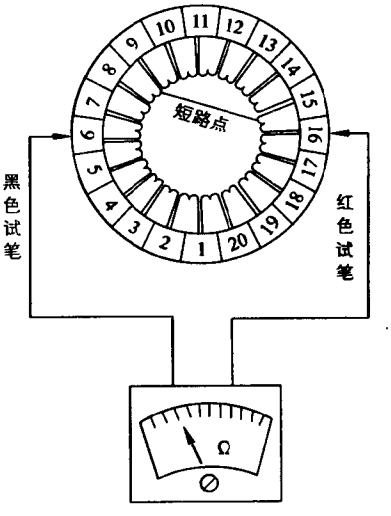


图 7－39　测试出短路位置的方法

根据上述介绍可知，电阻表虽能查明绕组的短路性质和短路点位置，但其检查过程却比较繁琐费时，不如短路侦察器检查的迅速准确。因此，最好先用短路侦察器查明电枢绕组和换向器是否有短路故障。根据查出有短路现象的槽数多少和槽的位置，做到心中有数，然后再用电阻表做进一步的仔细检查，便能迅速准确地查明短路的性质和短路故障点的位置。

4．电枢绕组短路故障的修理

电枢绕组如果仅因端部碰伤造成几匝短路，或在铁心槽外由电弧烧伤造成绕组轻微短路，而短路点仅凭肉眼就能看出时，这样的故障一般都较易修复。修理时，可先将电枢绕组烘热变软，用光滑的竹质理线板将故障点因绝缘层损坏而相互碰触的导线拨开，再用软薄的绝缘绸包卷导线，或者用绝缘纸将导线予以隔开，然后刷上绝缘漆烘干即可。

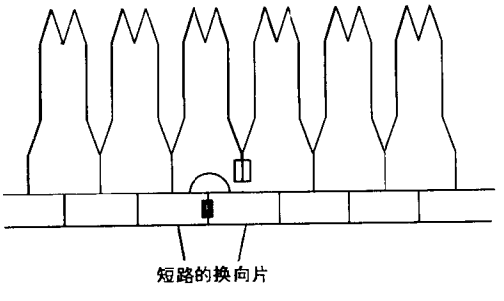


图 7－40　换向片短路故障的应急处理

假如只有一个线圈组有短路现象，而短路位置凭眼力又找不出时，则先不要从绕组上面着手修理，而应将有短路现象的线圈元件的线端从换向片上焊下来，再对绕组和换向器分别检查。如果是两片换向片严重短路，又不能消除短路故障时，则可以采取如图 7－40 所示方

法进行修理。先将有短路故障的两换向片中的任一片上的线端焊下来，使线端与换向片完全脱离开。焊下来的这两根线端不要分开，仍然要焊接在一起并用绝缘带包扎好。另外，对已经短路的两换向片还应如图中所示用导线联接起来并予以焊好。经这样应急处理后，对电动机的运行性能不会有太大的影响，可以照常使用。

如果查明不是换向片短路而是绕组短路，那么最好的修理方法就是重换新绕组。若因生产急需而不能马上重换新绕组时，也可以采取暂时废弃线圈的方法作应急处理。此时，可先将相互短路的线圈线端从换向片上焊下来，焊下的线端要分开并使其不再接触，再把电枢放到短路侦察器上试验。若仍有短路现象存在，就表明绕组烧损严重而不能作应急处理。试验时若电枢绕组的短路现象消失，则说明绕组烧伤较轻微。这时，就可按图 7－41 所示的方法，将已焊下分开的线端用绝缘带分别包好，焊下线端的换向片也用导线联接起来焊好。这样处理以后，因只废弃两个线圈故对电动机运行性能影响较小，所以仍能使用。不过由于绕组已有烧伤，且又作了线圈元件的废弃处理，所以不能长期使用，而只能作为短期的应急措施，同时还应及早准备重换新绕组。

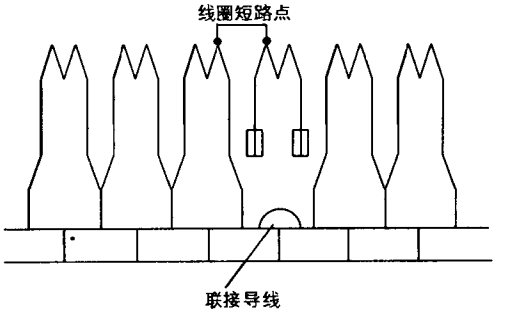


图 7－41　电枢绕组短路故障的应急处理

上述电枢绕组短路故障的应急处理方法简便易行，所花时间不多，也不耗费材料。所以，作为电动机电枢绕组修理的应急措施还是可取的。

电枢绕组或换向器短路后，将会使单相串励电动机的转速降低、力矩减小、电流增大、电刷下面产生强烈的火花而使换向器烧损。运转时，短时间内便会发热冒烟。严重时，甚至换向器上会形成环火。如继续运转，则很可能会使电枢绕组整个烧毁。因此，一旦发生短路故障即应检查修复，以免故障扩大造成更大的损失。

三、电枢绕组的断路故障

断路也是电枢绕组最常见的故障之一。线圈线端至换向片的焊接处是电枢绕组较容易发生断路的地方。其原因是焊接不良，或线端在除去绝缘漆膜时受到损伤，以及焊接过程中线端拉得过紧，缠上端部扎绳经浸漆后线端受力过大而损伤。当电动机运转时，上述这些情况就可能造成线端在焊接处断裂。此外，由于过载或其它原因，使换向器与电刷之间产生较大火花，换向器严重过热而将焊锡熔化，造成线端脱焊后形成断路。因发生短路、通地等故障而将导线烧断，形成绕组的内部断路。电枢绕组断路故障的检查方法如下所述。

1．外观检查

应仔细检查绕组两端的槽号、端部、换向片接线处等地方，看是否有烧伤、碰伤等断路故障的痕迹。如看不到上述的异常之处，则可以用其它方法进行检查。

2．电阻表检查

如图 7－42 所示，使用电阻表能够把电枢绕组断路故障的位置找出来。当每个线圈元件的电阻值大于 1Ω 的可用万用表检测，不足 1Ω 的用电桥表测为好。检查时，可任意选取一换向片开始，测量相邻两换向片间的电阻。例如先测图 7－42 中的换向片 1 和 2，接着再测 2 和 3 两换向片，直至依次测完全部换向片。如果测完所有相邻换向片间的电阻都基本相

等，则说明绕组没有断路故障。若测得某相邻两换向片间的电阻，比其它相邻换向片间电阻大若干倍时，则说明这两换向片上的线圈断路了。同时还表明绕组的其它部分已经没有断路，但仍应继续检测。这是因为有时线圈元件的线端虽然已与换向片断开，但联接的两根线端却仍然接在一起，形成绕组本身没有断路的假象，如图 7－43 中 a 处的情况。从图中可以看出，当测量至 2 和 3 两相邻换向片时，会发现电路不通。这时，可再继续测量其它换向片。假如其它两片间的电阻值正常，就可以确定换向片 2 和 3 这两片上的线圈元件断路了，并且还表明在绕组的其它部分还存在有断路故障。通过检测换向片间的电阻并仔细分析换向片的位置与所测电阻数值，就可以查出一个或几个断路线圈的位置。

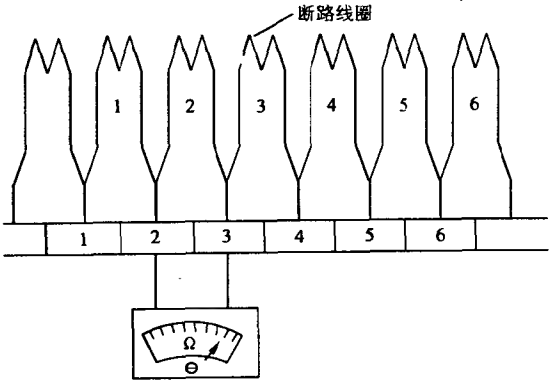


图 7－42　用电阻表检查线圈断路故障

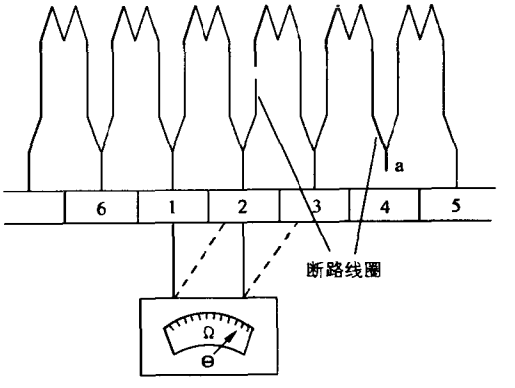


图 7－43　用电阻表检查线圈多处断路故障

3．短路侦察器检查

电枢绕组的断路也可以采取用短路侦察器进行检查，如图 7－44 所示。进行检查时，可将电枢平放在短路侦察器的开口铁心上。接通短路侦察器的电源后，用一段锯条或小铁片平放在电枢的一个槽上。再将这个槽内线圈的线端所焊接的换向片，用镊子每两片的依次短接。被短接的换向片焊接的线圈若没有断路，就会在线圈内产生很大的短路电流。此电流将使该槽产生很强的交变磁场，锯条就会受交变磁场的作用而发生剧烈振动和响声，在镊子刚接触到换向片的瞬间还会有火花产生。如果被短接的两换向片上的线圈已经断路，这时被短接的线圈就不会产生短路电流，因而锯条就不会振动，火花也就不会产生。所以，只要根据在短接相邻两换向片后有无火花产生和锯条是否振动，就可以判断出线圈是否断路。

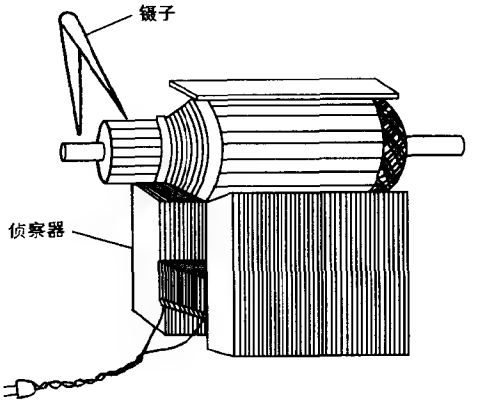


图 7－44　用短路侦察器检查线圈的断路故障

4．电枢绕组断路故障的修理

电枢绕组发生断路故障后，电动机就不能正常运转。如果电枢绕组中仅有 1 个线圈元件或 1 处线端断路，则可用图 7－45 所示的办法，对电枢绕组采取应急处理。这时，将找不到断路位置的线圈元件的两根线端分别用绝缘带包扎好，再用联接线把该断路线圈线端接的两

相邻换向片短接起来即可。当电枢绕组断路情况严重时，例如绕组的线圈元件断路的比较多，或其两条并联支路中均有断路故障存在等，则电枢绕组的通电回路完全中断，电动机就不能起动和运转。如断路故障比较轻微时，电枢绕组的通电回路只有部分中断，仍保有部分通路，故在接通电源时电动机仍能转动，且空载转速仍可能正常。但是在电刷与换向器之间将会发生较大的火花，并形成沿换向器圆周的细火环。当负载时，电动机转速迅速降低、转矩也大为减小，并将同时出现振动现象。转速也将很不稳定，时间稍长即很快发热而将换向片烧黑和电刷烧损。若继续运转则将使更多的线圈元件线端烧断。

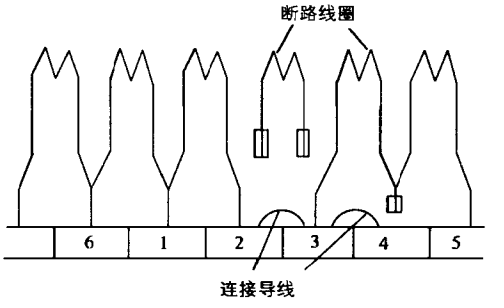


图 7－45　电枢绕组断路故障的应急处理

经检测在找到断路故障的大致位置后，就可将电枢绕组端部外面的绑扎蜡线部分拆除，再仔细找出断路故障的确切位置。如果只是线端焊接处脱焊，就只须重新焊接牢固即可；若线端断路处在电枢绕组端部时，就须再拆除一部分端部绑扎蜡线，将断路处重新焊接后，包好绝缘带套上绝缘套管，然后重新捆扎电枢绕组的端部扎线；如果绕组的断路处在电枢铁心槽内，此时则可将断路的那个线圈所联接的两换向片上跨接一根短路铜线，或将这两相邻换向片直接短路，经这样处理后，电动机性能不会有大的变化，故仍可继续使用。不过，当电枢绕组的断路过多的话，则不能采用这种废弃线圈元件的方法。因为被直接短接的线圈元件愈多，就将造成电枢绕组的有效匝数愈少，致使电动机的转速极不稳定，并将引起电枢绕组严重发热。因此，当电枢绕组中如出现有 2～3 个线圈元件断路时，就必须重换新的电枢绕组。

四、电枢绕组接反的故障

电枢绕组接反的故障往往发生在绕组局部修理或重绕之后，由于接线时的粗心和疏忽，把线圈元件接到换向片的两个线端接反了。电枢绕组接反故障通常有下述两种情况。

1．线圈元件接反

从前面我们已经知道，单相串励电动机电枢绕组线圈元件之间的正确接法应该是，相邻线圈元件之间的首端与尾端相接。例如线圈元件 1 的尾端与线圈元件 2 的首端共接在同一块换向片上，而线圈元件 2 的尾端与线圈元件 3 的首端相连在同一换向片上。这样首、尾端串联依次接下去，直至最后一个线圈元件的尾端与线圈元件 1 的首端相连，从而构成一个整体的闭合绕组。但如图 7－46 中线圈元件 2 所示，从图中我们可以看出，线圈元件 1 与线圈元件 2 之间却是尾端与尾端相联接，线圈元件 2 与线圈元件 3 之间则成为首端与首端相连。显而易见，线圈元件 2 的首、尾线端接反了。

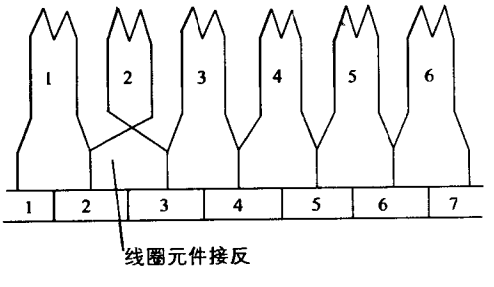


图 7－46　线圈元件的线端接反故障

2．线圈元件的线端位置接错

从图 7－47 中线圈元件 4、5、6 的联接可以看出，这三个线圈元件之间仍然是按相邻线

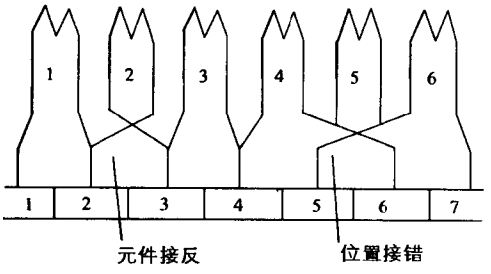


图 7－47　线圈元件线端接反、位置接错

圈元件首、尾串联的。但是，其线圈元件线端接到换向器上的位置却搞错了。线圈元件 4 和 5 的首、尾端原应接到换向片 5 上，但实际却接到了换向片 6；而线圈元件 5 和 6 的首、尾线端原应接至 6，而实际上却接到了换向片 5。这种线端接线位置的错误将导致线圈元件 2 实质上的反接。

不论是线圈元件接反或是接线位置错误，都将对电动机的性能带来不利影响。由于线圈元件接反和线端位置接错都是发生在电枢绕组重绕后，因此，当我们重换电枢绕组时接线一定要认真、仔细。接线完毕后要作必要的检查和试验，尽量避免线圈元件接反和线端位置接错的出现。现将检查这些错误的常用方法简介如下。

（1）电阻法检查接线位置是否正确

如图 7－48 所示，用电阻表测量相邻两个换向片之间的电阻。如果接线位置没有错误，则两个相邻换向片之间只应接有一个线圈元件，如图中的线圈元件 2。这时，用电阻表测量到的应该是一个线圈元件的电阻值。如果接线位置错误，例如图 7－48 中换向片 4 和 5。在换向片 4、5 之间仍然只联接了一个线圈元件，在电阻表上测量到的也仍是一个线圈元件的电阻数值。但是在接线位置错误的前面或后面一对换向片，它们之间则串联了两个线圈元件，如图中的换向片 3—4 或 5—6。这时如用电阻表去测量，测到的将会是接近两个线圈元件的电阻数值，即指示出双倍的读数。因此，根据上面的检测与分析，采用电阻表测量换向片片间电阻的方法是能够顺利找出接线位置错误的。

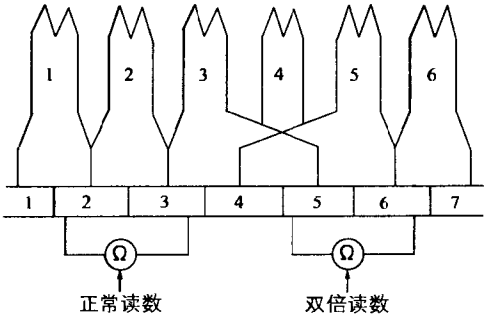


图 7－48　用电阻表检查线端位置接错

（2）电压法检查接线位置是否正确

如图 7－49 所示，将一个低压直流电源通入电枢绕组内，再用一个电压表依次测量每两个相邻换向片之间的电压。当接线位置正确时，电压表将指示出一个线圈元件的电压读数。而当测量到接线位置错误的两个换向片时，例如图 7－50 中的换向片 4 和 5，电压表将指示出反向读数。而当电压表接到反向线圈元件前面或后面的换向片时，电压表将指示出双倍读数。其它接线正确的线圈元件所对应的换向片，它们的片间电阻则均为正常值。

（3）线圈元件接反故障的检查

虽然线圈元件反接和接线位置错误都是线圈元件至换向器片接线不正确所引起的，并且接线位置错误也会引起线圈元件实质性反接，但是这两种故障的检测方法却不相同。要检测线圈元件接反的故障，必须采用下面介绍的指南针法或条形磁铁法。

在用指南针法检查线圈元件接反故障时，应在线圈元件已按照相邻线圈元件首、尾端相接的原则全部串联起来，但应在尚未焊接到换向器之前进行。因为这时改正接线错误较为容易。

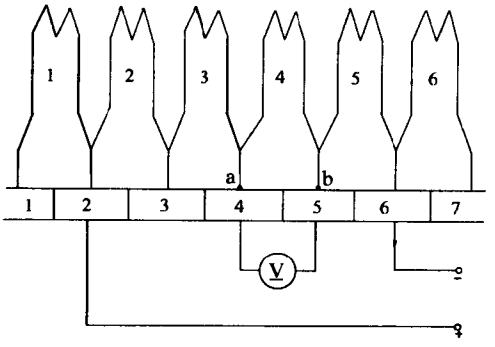


图 7－49　接线位置正确时为正常读数

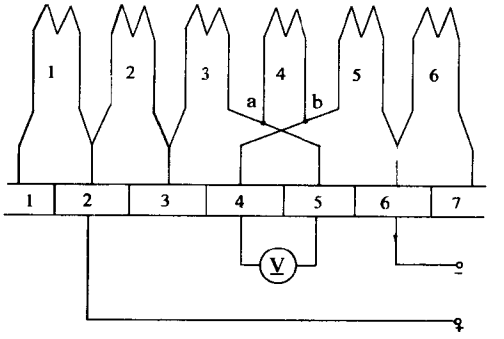


图 7－50　接线位置错误时为双倍读数

检测时，可将低压直流电源依次分别接入每个线圈元件，再用指南针分别测量每个线圈元件端部的磁场极性。当测到接反的那个线圈元件时，指南针将会向相反的方向指示，如图 7－51 所示。线圈元件联接正确时的磁场极性则如图 7－52 所示。

检查线圈元件反接的另一种方法是条形磁铁法。检测时，可将磁铁在电枢槽口逐一移动来进行。这时由于磁铁的磁力线切割线圈元件，每一个线圈元件内部都将产生感应电势。若用一毫伏表反接在与反接线圈元件相连的两个换向片上，则毫伏表指针为反向读数，而其它接线正确的线圈元件所测到的均为正向读数，见图 7－51 和图 7－52 所示。

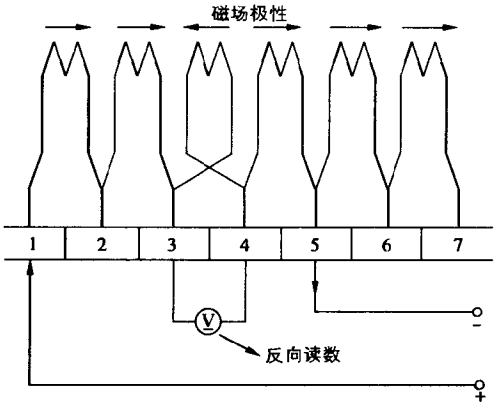


图 7－51　元件有反接故障时的磁场极性

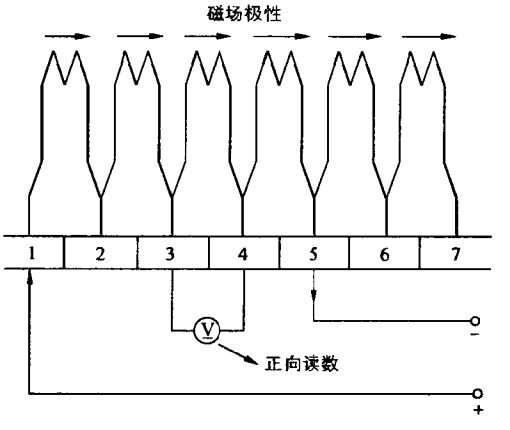


图 7－52　联接正确时磁场极性

习　题

1．简述单相串励电动机的基本工作原理？

2．单相串励电动机的旋转方向是由什么决定的？怎样才能改变电动机的旋转方向？

3．单相串励电动机的转速是由哪些参数决定的？其转速一般为多少？

4．单相串励电动机的定子铁心采用哪种结构型式？其磁极铁心上嵌置有哪几种绕组？

5．单相串励电动机的电枢铁心有哪几种叠装形式？换向器的作用是什么？

6．盒式刷握与管式刷握各有何特点？应根据哪些因素来选择电刷？

7．单相串励式电动机的电枢绕组有哪两种联接？为什么单叠绕组要根据槽中心线顺电枢旋转方向偏移 1～3 个换向片进行联接？

8．试画出一台 4 极单相串励电动机定子励磁绕组原理接线图？

9．单相串励电动机有哪两种整机联接法？试画出这两种接法的原理接线图？

10．单相串励电动机在什么条件下可直接用于直流电源？在什么情况下则要增加励磁绕组匝数后才能用于直流电源？

11．单相串励电动机为什么会造成对无线电的干扰？有哪几种常用的防干扰电路？

12．电枢绕组的通地故障常发生在哪些部位？有哪些检查方法？怎样进行修理？

13．电枢绕组产生短路故障的原因有哪些？短路故障常发生在哪些部位？有哪些检查方法？

14．电枢绕组的断路故障是怎样产生的？断路故障常发生在哪些部位？有哪些检查方法？

15．什么是电枢绕组线圈元件接反？什么是线圈元件线端位置接错？

第 8 章　单相电动机重换绕组的修理

单相电动机的铁心及其它机械部件的使用寿命都比较长，只有其绕组部分较为脆弱。一台新电机在使用不当时，往往只需几十分钟甚至十几分钟就会将绕组烧毁。此外，电动机因长期超载过热使绕组绝缘老化，或绕组产生严重的短路、断路、通地等故障，用局部修理方法又无法修复时，就必须全部拆除旧绕组重换新的绕组。重换绕组的工作可按以下步骤来进行：记录原始数据；拆除旧绕组；制作绕线模；线圈的绕制；绝缘及裁剪；绕组的嵌线；接线与焊接；绕组的试验；浸漆与烘干等。

第 1 节　分布式定子绕组的重绕工艺

为了使重换绕组工作中保有详尽的原始资料，使重绕后的绕组性能尽量达到与原来的性能一致，在拆除旧绕组的过程中，应将表 8－1 内的各项技术数据仔细查明并详细记载，以作为重换绕组和核查的依据。

表 8－1　电动机重换绕组修理原始数据记录表

年　月　日

型　号		功　率		转　速	
电　压		电　流		频　率	
接　法		效　率		功率因数	
绝缘等级		允许温升		产品编号	
定子铁心数据					
内径（mm）		外径（mm）		长度（mm）	
气隙（mm）		槽　数		槽形尺寸	
定子绕组数据					
绕组型式		绕径（并绕根数）		匝　数	
节　距		接　法		铜　重	
线圈尺寸					
原制造厂			出厂年月		

一、记录原始数据

对已确定进行重换绕组修理的电动机，应尽可能详细、完整地记录其原始数据。因为，详实的原始数据可以使修理过程中避免不必要的错误。它同时也是电动机修理质量的可靠保证。应记数据简述如下：

（1）铭牌数据　铭牌数据是指电动机上铭牌所标记的数据，它一般包括有型号、功率、转速、频率、电压、电流、效率、功率因数、绝缘等级、允许温升、出厂编号及制造厂等。

（2）铁心数据　铁心数据是指电动机的定子铁心内径、外径、长度、槽数等，以及如图8－1所示的槽形尺寸。

（3）绕组数据　绕组数据是指线圈的线径、并绕根数、匝数、节距、并联支路数、绕组接法、线圈铜重等。

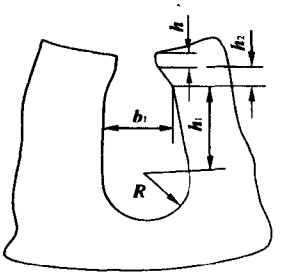


图8－1　槽形尺寸

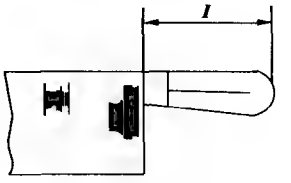


图8－2　绕组端部伸出铁心的长度

（4）线圈尺寸　线圈尺寸是指线圈的端部和直线部分的长度尺寸，如图8－2所示为电动机绕组端部伸出铁心的长度尺寸。图8－3所示则为单相电动机分布式定子绕组，几种常用绕组型式的线圈各部尺寸。最好留下一组外形完整的旧线圈作为制作绕线模的参考，并且还应记下绕线型式。

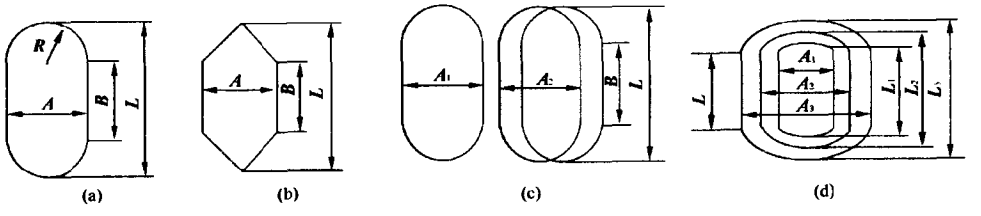


图8－3　常用绕组型式的线圈各部尺寸

（a）单层链式　（b）双层叠式　（c）单层交叉链式　（d）单层同心式

二、拆除旧绕组

由于电动机的绕组均经过浸漆烘干的绝缘处理过程，使绕组已成为一个整体，变得非常坚固而不易拆除。拆除旧绕组时，先应将绝缘漆加热软化或烧掉。但为了保证电动机修后的质量，一般不能把定子铁心放到火中去加热，因为那样将会使硅钢片的绝缘层遭受无可挽回的破坏，导致铁心松弛涡流损耗增大，电动机温升增高性能变坏。所以要采取对铁心基本无损伤的方法去拆除损坏的旧绕组，具体方法有以下几种。

1. 冷拆法

对于那些绝缘严重老化比较容易拆下来的电动机旧绕组，就可以采用这种方法。首先用电工刀或废锯条磨成的刀将槽楔从中间劈开后拆出。再用薄口起子从线圈端部分次拨开线匝，然后将线匝的直线部分扯出槽口外，逐次分批直至将全部导线都拆出来。如遇铁心为闭口槽时，就只能用钢丝钳将绕组的端接部分逐根剪断，然后在另一端用钢丝钳逐根把导线从槽中拉出来。在拆除旧导线时，还应按导线的排列顺序逐一拉出，切勿用力过猛或多根并拉，以免损坏槽口。旧绕组全部拆出后，应将旧槽绝缘一并取出，并逐槽清理槽内残余的绝缘物。还应整理好槽口和铁心两端的端面，使整个铁心的端面和槽无铁屑、杂质，保持干净

平整的良好状态，以利新绕组的嵌入。

2. 加热法

有些电动机绕组的绝缘尚未老化，绝缘漆使绕组仍为一个坚固的整体。对这类旧绕组的拆除可采用“加热软化、乘热拆除”的方法。加热方法则有通电短路加热和烘箱加热两种。通电加热法是将低压电源加到电动机的绕组上，用调压器将电压逐步增加到使电动机绕组的温度能让其软化到可拆卸程度。另外一种加热方法就是用烘箱加热，使电动机烘热到烧组绝缘软化，槽楔和导线均比较容易扯出来的时候。但不论用哪种加热方法其加热温度均不能太高，一般应控制在200℃以下，不然高温会损坏定子铁心硅钢片的片间绝缘，从而导致铁损增加、空载电流增大的不良后果。

3. 溶剂溶解法

当单相电动机绕组在其绝缘漆尚未老化的情况下，还可以采用溶剂溶解法来拆除旧绕组。常用的溶剂溶解法有以下几种。

(1) 氢氧化钠（工业烧碱）腐蚀法　采用该种方法时，一般是将1kg氢氧化钠加上10kg水，把电动机定子绕组浸泡在该溶液中，浸泡时间2～3h即可。如需加快溶解过程，则可将溶液加热至80～100℃。定子绕组从溶液中取出后，要立即用清水冲洗干净，然后按绕组顺序逐一将线圈全部拆出。对于铝壳和铝导线的单相电动机，均不能采用该种腐蚀液去拆除旧绕组。

(2) 丙酮、酒精、苯混合溶液浸泡法　当被拆除旧绕组的电动机容量比较小时，则可以用丙酮25%、酒精20%、苯55%的比例，将这些溶液按重量百分比进行混合。将电动机定子整个浸入此混合液中，待绝缘软化后即可拆除旧绕组。

(3) 丙酮、甲苯、石蜡混合液刷浸法　由于有机溶剂价格较高，用溶剂浸泡耗料太多极不经济。所以，为了节约费用可对小功率单相电动机，改用耗料少的溶剂刷浸法。刷浸时的溶剂采用丙酮50%、甲苯45%、石蜡5%三种材料配制而成。先将石蜡加热熔化后，移开热源加入甲苯，然后加入丙酮，将三种材料搅拌均匀。把电动机定子立放在有盖的铁盘内，用毛刷将溶剂刷到定子绕组的端部和槽口，然后加上盖，以防止溶剂挥发太快而减弱溶解效果。经过1～2h之后，即可取出电动机定子进行旧绕组的拆除。

采用溶剂溶解法时，应特别注意安全，一要防止起火，二要通风良好，以免苯的有毒气体吸入人体而中毒。拆除旧绕组后的定子铁心，应及时清理槽内残余绝缘物，并整理好铁心两端的槽口和端面等。

三、制作绕线模

在重新绕制新绕组前，应依据旧绕组线圈形状和尺寸或需要变动的绕组节距来制作绕线模。绕线模的尺寸做得是否合适，对电动机绕组的重嵌工作能否顺利进行起着决定性的作用。新绕制的线圈尺寸既不能太短也不可过长，太短将会使嵌线发生困难，严重时甚至使线圈无法嵌下去；过长则不仅浪费铜线，还使绕组电阻和端部漏抗增大，电动机的电气性能变坏，并且还可能因线圈端部过长碰触端盖而引起新的绕组通地、短路故障。因此，绕线模的尺寸一定要做得比较准确和正规。最好在拆除旧绕组的过程中有意选择保留一个形状较完整的线圈，可依据该线圈的尺寸制作绕线模。通常按所修电动机旧线圈尺寸做出的绕线模是比较可靠的。但是，如果该电动机已经大修过，定子铁心中已不是制造厂的原装绕组，此时在拆除旧绕组前应仔细察看线圈各部尺寸是否合理，要酌情作出更改和调整后，再予制作绕线模。

如果没有形状完整的旧线圈作为参考，那就只有经过计算来重新设计绕线模。经重新设计制作的绕线模，在绕出第一个线圈后应进行试嵌，看线圈各部尺寸是否符合要求。如有不合适之处则应对绕线模予以修改和调整，直到所绕线圈完全合适才可以正式开始绕制线圈。

绕线模一般由模心和夹板所组成，图 8－4 所示为双层叠绕组的绕线模。从图中我们可以看出，模心是绕线模的主要部分，它决定所绕线圈的长短宽窄及全部尺寸。所以，对模心尺寸的确定应细心、慎重。如果自己有确定模心的实际经验，则可根据电动机的绕组型式在铁心上用一根导线弯成线圈模心的样版，以它作为制作绕线模的依据。绕线模的模心尺寸如图 8－5 所示，其计算方法如下。

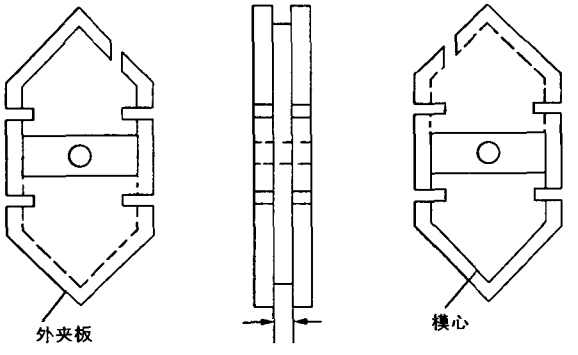


图 8－4　绕线模的模心与夹板图

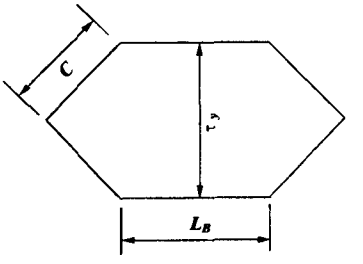


图 8－5　绕线模模心各部尺寸

模心宽度：

$$\tau_y = \frac{\pi\ (D_i + h_s)}{Z_1} Y_1\ (\text{mm})；$$

式中　D_i——定子内径（mm）

Z_1——定子槽数；

Y_1——用槽数表示的节距；

h_s——定子槽高（mm）。

模心直线部分的长度：

$$L_B = l + 2d\ (\text{mm})$$

式中　l——定子铁心长度（mm）；

d——线圈直线部分两端伸出铁心的长度，一般取 $d = 5 \sim 15$mm，功率大的取大值。

模心端部的长度：

$$2C = k\tau_y\ (\text{mm})$$

式中　k——系数，电动机 2 极时取 $k = 1.2 \sim 1.25$，4 极时取 $k = 1.25 \sim 1.3$；

τ_y——模心宽度。

模心厚度：

$$H = d_i \sqrt{N}$$

式中　d_i——绝缘导线直径（mm）；

N——一个线圈的导线数。

绕线模的夹板尺寸以周边高出模心 10～15mm 为宜。模心做成后，通常在其轴心处倾斜地锯开。半块模心固定在上夹板，另外半块模心固定在下夹板，其结构可参见图 8－4 所示。这样，当线圈绕成后比较容易脱模。

绕线模一般均用干燥的硬木制作，因为它不易扭曲变形，也可以用胶木板来制作。绕线模可以根据每极相组的线圈数来做模板，由于线圈可以中间不剪断而一次连续绕成，因而就避免了线圈间许多不必要的联接，提高了电动机运行的可靠性。

四、线圈的绕制

线圈绕制前应先用千分表检查所用导线的直径、导线绝缘厚度是否符合要求。常用圆电磁线的公差和绝缘厚度如表 8－2、表 8－3 所示。

表 8－2　常用圆电磁线公差

圆导线直径（mm）	φ0.27～φ0.69	φ0.72～φ1.0	φ1.04～φ1.62
公　差（mm）	±0.01	±0.015	±0.02

表 8－3　常用聚脂漆包线的绝缘厚度

圆导线直径（mm）	绝缘厚度（mm）	圆导线直径（mm）	绝缘厚度（mm）
φ0.27～φ0.33	0.05	φ0.64～φ0.72	0.08
φ0.35～φ0.49	0.06	φ0.74～φ0.96	0.09
φ0.51～φ0.62	0.07	φ1.0～φ1.74	0.11

绕线前必须仔细搞清楚主、辅绕组的极相组数、每极相组内的线圈数和线圈匝数等有关数据，特别是线圈匝数不能有差错，因为它直接影响到电动机运行性能的好坏。单相电动机绕组的绕线均可在手摇绕线机上进行，其绕线步骤如下所述。

（1）准备好手摇绕线机、绕线架、绕线模、钢丝钳、剪刀、活动板手以及电磁线、绝缘管和扎线等。

（2）将绕线模装入到手摇绕线机的主轴，并用螺母把线模两侧的夹板锁紧，绕线机计数器的号盘拨到“0”位置。电磁线装到绕线架上，并使绕线架与手摇绕线机保持适当的距离，让电磁线引至绕线模时保持平整无弯曲。

（3）绕线开始时，将电磁线的起始线端经绕线模右侧开口处固定到绕线机主轴，绕线从右边向左边绕。在绕线模的 4 道槽内放入扎线，如图 8－6 所示。

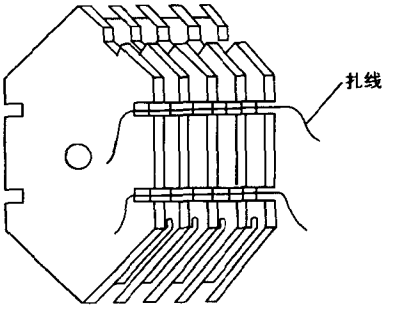


图 8－6　在绕线模内放扎线

（4）绕线时，电磁线在线模槽内应排列整齐层次分明，不得有严重交叉和混乱。绕满一个线圈规定的匝数后，用放在线槽内的棉扎线将线圈扎紧，以免线圈下模时线匝松散。接着将电磁线进入绕线模的第 2 线槽，然后按同样的方法继续绕下去，直至绕完极相组内的所有线圈。同心式绕组、正弦绕组均从小线圈开始绕起。

（5）极相组整组线圈绕好后，留下适宜的引线长度后用钢丝钳剪断电磁线。用活动扳手

松开手摇绕线机主轴的螺母，逐槽取出绕好的所有线圈。

(6) 单相电动机分布式定子绕组的类型较多，其中的交叉式绕组、同心式绕组及正弦绕组等，它们均由若干个大小不一的线圈套绕后构成极相组，如图 8－7 所示。这类绕组在绕线时，其极相组内的所有线圈要从小线圈至大线圈连续不断一次绕完。

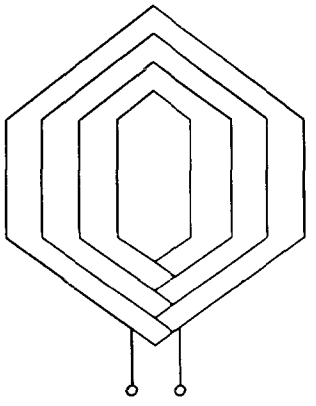


图 8－7　由大小线圈构成的极相组

(7) 在单相电动机绕组绕线时，各极相组内的线圈中最好不要有接头，以免增加绕组的故障点。确因线圈在绕制中电磁线不够需要联接时，其焊接处则应选择在线圈的端部，而绝对不准选在线圈的直线部分，否则经焊接的电磁线加包绝缘后就很难嵌进槽内。即使能够嵌入槽中，若因焊接不良而造成线圈断路，则将给检查和修理带来极大的困难。

(8) 绕线时，应注意拉紧电磁线的力度要松紧适宜。过松则使线圈内部松散外部零乱，绕出的线圈质量较差不利嵌线。过紧则又可能将电磁线直径拉细，从而影响线匝间的耐压强度和增大线圈的直流电阻值，使电动机性能受损，所以应特别留意这一点。

五、绝缘及裁剪

单相电动机分布式定子绕组绝缘物应按规定的绝缘等级选用。分布式定子绕组的槽绝缘，一般采用 6520 聚酯薄膜绝缘纸复合箔，它属于 E 极绝缘。其厚度为 0.15、0.2、0.25mm 等，根据电动机功率大小和电压高低去选择不同的厚度。近年来，也有采用 6630 聚酯纤维无纺布聚酯薄膜复合箔（俗称 DMD）的，它属于 B 级绝缘。

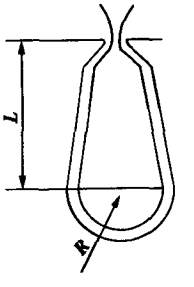


图 8－8　槽绝缘的垫放

槽绝缘用来垫放在铁心槽内，其两边均须高出槽口以便于嵌线，如图 8－8 所示。并且，为保证绕组的介电强度，槽绝缘应伸出铁心两端一定的长度。伸出太短则使绕组对铁心的介电距离不够，也使端部极相组间的绝缘无法垫好。伸出太长时将要相应增加线圈直线部分的长度，这样不仅造成电磁线的浪费，而过长的绕组使其端部易被端盖所顶伤。因此，槽绝缘伸出铁心长度应视电动机功率的大小而不同，功率大的槽绝缘伸出长度可略多些。

当同一槽内嵌放有主、辅两套绕组的线圈元件边时，应在槽内的主、辅绕组间垫入层间绝缘。主、辅绕组的端部重叠处应垫入端部绝缘，层间、端部的绝缘均采用与槽绝缘同等的绝缘材料。图 8－9 所示为单相电动机的槽内绝缘结构。

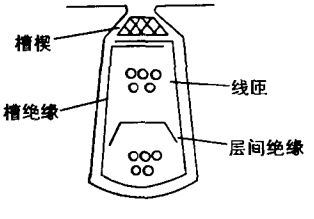


图 8－9　槽内绝缘结构

六、绕组的嵌线

将绕制好的线圈按照规定的节距、接法顺序地嵌入铁心槽内。首先嵌入主绕组，然后嵌入辅助绕组。调速绕组则要视其是与主绕组同槽布置还是与辅助绕组同槽布置而定。如果是与主绕组同槽则须在嵌放主

绕组之后接着嵌入调速绕组，当然主、调绕组必须按规定予以绝缘。嵌线的具体步骤如下：

(1) 仔细检查清理铁心槽内的绝缘残留物，用锉刀、起子修正突出的硅钢片和毛刺，以及纠正铁心两端因拆除旧绕组而产生的硅钢片弯曲等，并用吹风机或皮老虎将其吹干净。

(2) 准备好槽绝缘、层间绝缘、端部绝缘、槽楔、整台电动机绕组（即主、辅、调速3套绕组），以及锤子、剪刀、压线板、理线板等材料和工具，将槽绝缘逐一放入槽中。

(3) 认真查看电动机修理原始技术数据记录，看清主、辅、调速绕组的绕组型式、节距、三套绕组的相互位置及嵌线的先后顺序等。

(4) 开始嵌线时，将主绕组第一只线圈靠胸前的元件边用手指捻扁，使线匝成为扁平一排的状态，然后从一端槽口斜嵌入线圈的部分线匝或全部线匝。如遇到许多线匝被堵在槽中时，这时可用手指将线圈轻轻摇动使线匝徐徐进入槽中，或用理线板把线匝理清后整齐地括入槽内。

(5) 将主绕组第一只线圈的另一元件边推过节距槽暂不嵌入槽内，并用双手在线圈两侧端部压喇叭口。如果是单层链式绕组、单层交叉式绕组及双层绕组等，均要在嵌入槽中的线圈元件边数达到线圈节距的槽数时，才可将线圈另一元件边嵌入其节距槽内。此前所嵌线圈的元件边都应留至“吊把”后再嵌入各自槽中。同心绕组、正弦绕组等则可在嵌进第一个线圈的元件边后，接着就可以将此线圈的另一元件边嵌入其节距槽内。因为上述绕组无须“吊把”，故可同时直接嵌入，直至嵌完主绕组的全部线圈。

(6) 嵌极相组第二只线圈及以后的线圈时，应先将线圈间联接线整理后嵌入槽内。然后再把线圈元件边一次拉入槽中，联接线应置放于线圈内侧，这样能使定子绕组整齐美观。

(7) 嵌完主绕组的一个极组组合即垫入层间绝缘，并用锤子和压线板将层间绝缘敲平压实。如果调速绕组是与主绕组同槽布置的，这时即可将调速绕组按主绕组的嵌法嵌入相同槽中。调速绕组嵌入槽内后即可剪去槽口上面多余的绝缘纸，用理线板把绝缘纸折转入槽内，并用压线板压实，然后打入槽楔。在打入槽楔时，要特别注意不要损坏槽绝缘和导线。接着就可以按相同的方法，依次嵌放主绕组、调速绕组的各个极相组，最后从与主绕组相差90°电角度的位置开始，顺序将辅助绕组全部嵌置完毕。假如调速绕组是与辅助绕组同槽布置的，则在主绕组线圈嵌入槽中后就可折转槽绝缘打入槽楔。然后再顺序将辅助绕组和调速绕组嵌进同一槽内。

(8) 嵌线时，在主绕组、辅助绕组、调速绕组的端部，相互之间要垫放端部绝缘。

(9) 当嵌到第一节距最先留下暂未嵌入的线圈元件边时（即“吊把”线圈），此时应逐一翻起线圈并用纱带将它们捆吊住。其翻起高度以不影响最后一只线圈元件的嵌入为准，然后将“吊把”线圈元件边顺序嵌入槽中。

(10) 绕组全部嵌完后，可用锤子和垫打理线板轻敲线圈的端部，使绕组端部成为低于定子铁心内径的一个圆整的喇叭口。

(11) 修剪绕组端部绝缘，使绝缘纸高于线圈线匝2～3mm。

(12) 嵌线过程中，如发现槽底绝缘破裂或槽内过于松动等情况，则须垫入同等绝缘材料加以修复和充实。

(13) 线圈端部、联接线等如有凌乱或严重交叉时，须用理线板予以理顺和整理。

七、接线与焊接

绕组全部嵌入定子槽以后，就可按照原规定的接法，把主绕组、辅助绕组、调速绕组依

次联接起来。其具体接法和接线步骤如下：

(1) 接线前的准备　绕组在接线前应准备好玻璃丝漆套管、玻璃丝漆布带、腊线、松香、焊锡、引出电缆线，以及锤子、剪刀、钢丝钳、垫打竹板、弹性刮刀和电烙铁等材料和工具。

(2) 接线前的检查　应根据原始技术数据的记录，仔细检查主绕组、辅助绕组、调速绕组的相互位置、接法、出线方向等，以及检查各套绕组的线圈是否有嵌反、接错和端部绝缘垫错的情况，如发现这类错误则应立即纠正。

(3) 绕组的联接　接线时首先将各绕组所有的出线端整理好，并且合理选定引出线端的出线位置，一般都将出线位置选在距出线盒最近绕组端部两侧。联接可按主绕组、辅助绕组、调速绕组的顺序分别自行联接。各套绕组内则按电动机绕组原规定的显极接法或庶极接法进行接线。联接时，在需要联接的两线端上套入玻璃丝漆套管，套管长度应伸入线圈鼻端 20mm 左右为宜。然后用图 8－10 所示的弹性刮刀将导线绝缘漆层刮除，两线端可以采取平行绞接的方法进行联接。用电烙铁将焊锡、松香对线端绞接处实行焊接，焊好后电烙铁要平移离开焊接处，以免在该处留下焊锡尖端而刺破绝缘。接着用绝缘漆布带半叠包两层将联接线的焊接处仔细包好。

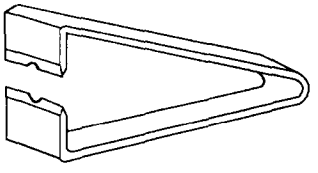


图 8－10　弹性刮线刀

(4) 引线电缆的焊接　根据出线端位置量出引线电缆的长度后剪断，并剥去引线电缆接线处的绝缘层，将其与绕组引线端予以联接并仔细焊接牢固。然后把引线电缆的接线处用漆布带包好，并在包好的绝缘层外面套入大小适宜的玻璃丝漆套管。

(5) 绕组的端部绑扎　先将绕组端部的喇叭口用锤子和垫打竹片进行整理，使喇叭口圆整而又符合尺寸要求。联接线和电缆线应平整的排列在绕组端部，并用腊线牢固地扎紧。

八、绕组的检验

在绕组的嵌线和接线工作完成后必须进行部分项目的检验，这样可以提前发现重换绕组修理过程中的问题，确保电机修理质量。检验的项目主要有：外表检查；电阻测量；极性检查；短路检查；耐压试验等。现将这些项目的检查方法简述如下：

1. 外表检查

首先检查定子绕组两端长短是否一致，喇叭口是否过大或过小，过大或过小都是不允许的。通常定子绕组端部的内圆不能小于铁心内径，绕组端部外圆则不得等于铁心外径。其次还应该检查槽底绝缘是否有破裂，槽口绝缘是否包折好，端部绝缘是否垫到位。最后则应检查槽楔的长短是否合乎要求，是否槽楔有高出槽口的部分，以及槽楔在槽内有无松动现象等。

2. 电阻测量

用万用表检测主绕组、辅助绕组和调速绕组的直流电阻值，看其是否符合原绕组的直流电阻值。当被测电阻值小于 1Ω 时则用电桥表检测。

3. 极性检查

用指南针法来检查绕组极性是比较容易而准确的。应用这种方法时，一般都是采取逐相检查。进行检查时，先在主绕组、辅助绕组、调速绕组内依次通以低压直流电，然后把指南针放入铁心内圆，并沿圆周缓慢移动，移动一周后看测得的极数和极性是否正确。若发现指

南针摇摆不定或极性不是按南、北极交替分布时，则无疑是绕组在联接中存在错误。

4．短路检查

对绕组的短路故障一般用短路侦察器进行检查。检查时将短路侦察器贴放在铁心内圆上，然后接通交流电源，并用一条锯片搭在短路侦察器开口铁心所跨铁心槽绕组元件另一元件边所在的槽口上。当绕组元件有短路时，锯片的强烈振动和噪声，就可以准确地找出嵌放在两个槽内的短路线圈元件。

5．耐压试验

为保证单相电动机绝缘有可靠的电气强度，因此电动机必须在比正常电压更高的电压下进行耐压试验。由于绕组在嵌线、接线过程中均可能发生绝缘损坏的情况，所以当绕组在经过上述工序和未进行绝缘处理前，都应按要求作绕组绝缘的耐压试验。

在进行耐压试验时，如发现绝缘被试验电压击穿后，都要找到故障处进行修理，故障严重时甚至可以局部更换损坏的线圈和槽绝缘。为了防止电动机总装后再发生绝缘击穿问题，就必须对绕组在嵌线、接线后进行一次更高电压的耐压试验。这样就可以在绕组浸漆烘干前发现和解决绝缘中存在的缺陷，从而使电动机总装后绝缘击穿现象大为减少。功率在 1kW 以下的单相电动机定子绕组的耐压试验电压为 2 倍额定电压 + 750V，试验时间为 30min。

九、浸漆与烘干

单相电动机在重换绕组后都要进行浸漆烘干的绝缘处理。绕组及绝缘经绝缘漆浸渍处理后，能大大提高电机的各项性能及使用寿命，其提高的性能主要如下。

(1) 提高了电机绝缘的耐潮性能。任何绝缘材料在潮湿的空气中或多或少总会吸收潮气，对水分更是十分敏感，而且很少量的水分就会引起绝缘材料性能显著地恶化。如果将绝缘材料浸渍在绝缘漆中，然后予以烘干，我们就能用绝缘漆把绝缘材料内的空隙填满，或者至少能在绝缘材料表面结成一层光滑的漆膜。这样，水分就很难进入绝缘材料的内部，因而绝缘材料的防潮性能也就得到极大的加强。

(2) 提高了电机绝缘的耐热性能。绝缘材料如长期受热都会出现变质，其绝缘电阻或击穿电压值也就随之降低，这种情况称为绝缘材料的老化现象。但绝缘材料经过绝缘漆浸渍处理后，就能降低绝缘材料的老化速度，提高了电机的耐热性能。

(3) 提高了电机绝缘的电气和机械性能。电动机的绕组在未经绝缘处理时，其电气强度和机械强度都很低。经绝缘处理后绕组内部的潮湿、水分都被驱除，绝缘漆也填满了匝间和绝缘层间，相互黏结成一个整体。这样就可以避免由于松散导线受强大电流和磁场的影响，产生与绝缘层不断振动而造成绝缘的损伤。

(4) 提高导热性能。绕组的绝缘层存在着大量的空隙，如果不经绝缘漆的浸渍处理，这些空隙就将会充满空气。而空气的导热性能却很不好，对电动机内部热量的传导和散热带来不利影响。因此，必须用浸渍的方法使这些空隙被绝缘漆所填满，从而提高和改善电动机绕组整体的导热性能。

(5) 提高了绝缘材料的化学稳定性。运行于化工厂、矿井中的电动机，经常要受到酸、碱、氯、氨等气体的腐蚀作用。因而绝缘材料受这些物质的腐蚀而极易损坏，经绝缘漆浸渍后就能防止绝缘材料直接接触这些物质，使其化学稳定性得到很大的提高。

重换绕组后的绝缘漆的浸渍处理主要有三个过程，即预先干燥；浸漆处理；浸漆后干燥，现将处理过程简述如下。

1. 预先干燥（也称预烘）

预先干燥的目的就是为了驱除铁心、绕组、绝缘材料中所含的潮湿和水分。预先干燥时，最应注意和掌握的是干燥温度和干燥时间。干燥温度随电动机绝缘材料的耐热等级、绝缘漆的干燥性能而定。根据实际经验，预先干燥温度可按下式选择：

预先干燥温度 = 绝缘的标准耐热温度 + （10～20℃）

如果采用超过标准耐热温度 20℃ 以上的预烘温度，绝缘的老化程度将会加快，这是不允许的。另外，预烘时要注意温度是否均匀，否则会造成电机铁心和绕组局部过热，这也是很危险的。如遇这种情况就可以在干燥时间上缩短一些，重换绕组浸漆前的预烘时间一般为 4h。

2. 浸漆

重换绕组经过预烘后，待其冷却到 50～70℃ 时就可以进行浸漆。保持这种温度来浸漆的原因是这样考虑的，因为当温度低于 50℃ 时，漆对冷的物件渗透能力较小；而当温度高于 70℃ 时，又可能引起漆在绕组外表很快结成膜，反而阻碍漆的渗入，而且还会引起漆的老化和溶剂的强烈挥发。所以，掌握在 50～70℃ 这个最佳温度区浸渍是极为理想的。

浸渍时，绝缘漆的漆面应高于电动机顶部 100mm 以上，待漆槽中气泡停止 10～20min 后，再将电动机吊起滴干余漆。滴干余漆的时间要随漆的黏度和电机大小而定，一般为 15～30min。没有滴干漆的电机，干燥就要花费很多时间。余漆滴干后，绕组以外的其它部分的余漆应仔细揩干净，特别是定子铁心内圆要用粘少量汽油、甲苯或松节油等溶剂的布揩净。

3. 浸漆后烘干

滴干余漆后的电动机应按表 8－4 中规定的干燥温度、干燥时间分两个阶段进行烘干。应特别注意第一阶段的温度不得提高，以防止漆液因温度过高外溢而影响绕组浸渍质量。重换绕组后的浸漆烘干工艺如表 8－4 所示。单相电动机的功率均比较小，一般都在 1kW 以下，且体积也不大。因此，它们的烘干程序均可在电烘箱中进行。如果没有适宜的电烘箱，则可用灯泡、小电炉等热源来烘烤。但这时要特别注意，灯泡、小电炉不得离绕组太近，以免因过高的温度烤焦甚至烤坏绕组。

表 8－4　E 级绝缘绕组浸漆（1032 漆）与烘干工艺

工序	工艺过程	温度（℃）	时　间	绝缘电阻	注意事项
1	预　烘	125±5	4 h	20MΩ 以上	
2	第一次浸漆	绕组 60～70	不冒气泡后 15～20min		立式浸渍，将绕组全部浸入绝缘漆液中
3	滴　漆		30min		滴干后，应将铁心和其它部分的余漆用布粘溶剂揩干净
4	烘　干	70～80 135±5	2～3h 16～20h	6MΩ 以上	
5	第二次浸漆	绕组 60～70	不冒气泡为止		
6	滴　漆		30～60min		同第一次浸漆时的滴漆
7	第二次烘干	70～80 135±5	2～3h 12h	10MΩ 以上	烘干时间和要求以绝缘电阻稳定为准，烘干后应待绕组逐渐冷却后取出

采用高强度聚酯漆包线的单相小功率电动机，只进行一次浸漆也可获得良好效果，但漆的黏度应适当提高。电动机作一般检修时的绕组浸漆，则采用一次浸漆即可。

第2节　集中式定子绕组的重绕工艺

单相电动机的集中式定子绕组，如果发生绝缘严重老化碎裂、短路、断路、通地等故障，而用局部修理方法又无法修复时，就只能重换新绕组。重换新绕组可按以下几个步骤来进行。

一、记录原始技术数据

为使重换绕组工作能顺利圆满的完成，电动机的下列技术数据应查明后予以记载，以作为绕组重换过程中的依据和参考。

(1) 电动机的铭牌数据；

(2) 磁极线圈的线径、并绕根数、匝数；

(3) 磁极线圈的内径、外径和厚度尺寸；

(4) 磁极线圈外包绝缘的层数及材质；

(5) 磁极线圈的接法。

二、拆除旧绕组

先将扣住集中式定子磁极线圈的铁皮扣和销子取出，然后把线圈从磁极铁心上拆下来。线圈取出后先测量其内、外径尺寸及弧度。接着再用两块稍厚的木板把磁极线圈夹住，而后在台虎钳上压平。再拆去包在磁极线圈外面的绝缘带，测量线圈内径及厚度尺寸，以此作为制做新线圈绕线模的依据和参考。磁极线圈尺寸一定要测量准确，因为这是重绕定子磁极线圈的关键。尺寸测量完以后再查线圈的并绕根数和匝数，匝数也一定要记准确。最后用千分表测量导线的线径，将上述数据详细地逐一记下，以备修理过程中查考核对。

三、制作绕线模

绕线模的形状如图 8－11 所示，它由两块挡板及斜锯开的模心所组成。模心尺寸应完全和拆下的旧线圈的内径尺寸相同，模心的厚度则应等于线圈的厚度。因为如果将模心尺寸做小了，绕出的磁极线圈就很难套进磁极铁心。模心尺寸假如做大了，磁极线圈套入磁极铁心上面就会松动，而且会由于线圈端部伸出过长，容易与电枢或其它部件碰撞而发生故障。所以，模心尺寸准确与否关系到集中式定子磁极线圈重换绕组的成败。模心做好后，再做两块把模心夹在中间的挡板，并在两块挡板上锯 4 个缺口，用于放捆住线圈用的扎线。同时还应在挡板和模心的中央处钻个轴孔，以便将线模装上绕线机进行绕线。

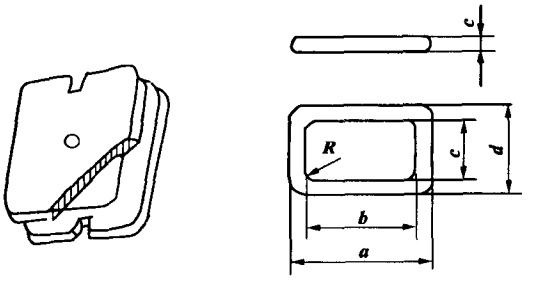


图 8－11　绕制定子磁极线圈的木模

四、绕制线圈

将线模装上绕线机后，把计数器刻度调到零位。在挡板锯开的缺口槽中放入扎线，然后开始绕线圈。绕线时，导线要一匝紧靠一匝排列整齐地绕，不得相互交叉或松散凌乱。同时还应将导线用手带紧，使绕出的线圈其线匝松紧一致，并力求线圈的内、外、厚尺寸与旧线圈相同。当绕至所需要的匝数后，用扎线将线圈捆紧，然后将线圈从模心上取下来，这样线

圈才不会松散和变形。磁极线圈的首、尾两个线端均要焊接多股软导线作引出线，在引出线的焊接处应用聚酯薄膜复合纸或玻璃漆布带等绝缘材料进行包垫，使焊接点与磁极线圈导线隔开以加强该处绝缘强度。然后如图 8－12 所示，用绝缘带采取半叠包的形式包起来。包扎时还应注意将多股软导线作的引出线包扎一小段在线圈里面，以使引出线紧紧扎在磁极线圈的内部，这样引出线就不易被拉断。当按绝缘要求用绝缘带半叠包达到应包层数后，再用白纱带半叠包一遍作为保护层。

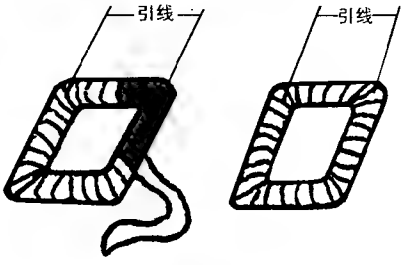


图 8－12　定子线圈包扎示意图

五、接线与浸渍

将包好绝缘的磁极线圈套入磁极铁心，套入前应先把线圈压成与磁极铁心内侧适应的弧度，接着再用铁皮、销子或其它方法使线圈紧固在磁极铁心上。定子绕组按显极接法进行联接，如图 8－13 所示。从图中可以看出，定子铁心上相邻磁极所产生的磁场极性都是相反的。即一个磁极若为 N 极，则相邻另一磁极就为 S 极。为使两个相邻磁极能产生相反的极性，就必须使相邻两个线圈在联接后里面流通的电流方向相反。例如一个线圈为顺时针方向流动时，则下一个线圈就应按逆时针方向流动。磁极线圈通常采用环氧无溶剂漆或 1032 三聚氧铵醇酸漆浸漆，其工艺过程如下。

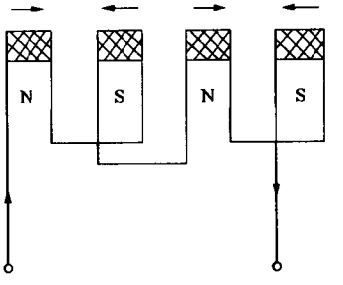


图 8－13　磁场绕组显极接法示意图

(1) 预烘 4h，90℃：2h，120℃：2h。

(2) 待绕组温度降至 60～80℃时，浸渍 30min 左右，以将线圈浸透无气泡冒出为原则。

(3) 滴干 1h。

(4) 烘干 7h，90℃：2h，120℃：5h。

绝缘浸渍处理一般进行两次，每次浸渍方法相同。浸渍后应将铁心上的余漆揩净，以减少烘干后清理粘漆层的繁难工作。

六、绕组检验

重绕后的集中式磁极线圈，在进行绝缘浸漆处理工序之前，最好将磁极线圈试装入磁极铁心和机壳上，看一看线圈各部尺寸与磁极铁心是否吻合和合理。并且还可以进行一些检试，以便发生问题及时修复。待检验合格后方可进行绝缘处理，检试项目主要有以下几项。

1. 测量电阻

可用万用表或电阻表分别测量各磁极线圈的电阻值，如电阻数值相等则说明各线圈绕制正常。如发现各个磁极线圈之间电阻值有较大差异，则可能是匝数错误、绕线时导线松紧不一或线圈有短路现象等原因引起。如果测量时仪表完全无指示，就说明线圈内有断路现象。

2. 检查线圈是否通地

可用 500V 兆欧表或 220V 试灯检测磁极线圈是否通地，如用高压试验台来进行耐压试验则更为方便、准确。

3．检验线圈接法是否正确

当磁极线圈联接好以后，为了防止线圈联接出现错误，还应检验磁极产生的极性是否正确。其检验方法如图 8－14 所示，将试灯串接在磁极线圈上，接通电源（交、直流均可），然后用一根小铁钉放在一个磁极的极面上，小铁钉若被另一磁极吸引（如图中实线铁钉所示），就说明这两个磁极所产生的极性相反，两个线圈的联接就是正确的。若小铁钉被另一磁极所推斥（如图中的虚线铁钉所示），就说明这两个磁极所产生的极性相同，两个线圈的联接就是错误的。

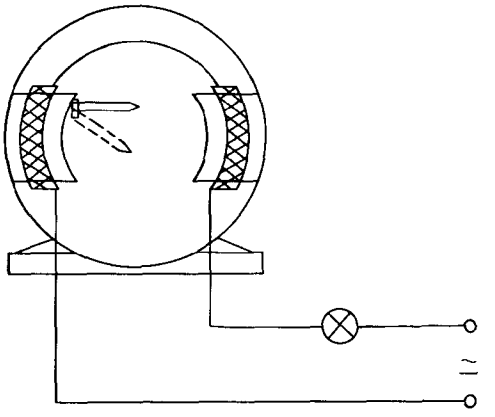


图 8－14　用铁钉法检查绕组联接是否正确

磁极线圈试装入磁极铁心后的试验，利于故障的发现和修复，避免浸渍后返修的困难。

第 3 节　单相串励电动机电枢绕组重绕工艺

当单相串励电动机电枢绕组产生了严重短路、断路、通地等故障，其绝缘又老化易碎且无法用局部修理方法修复时，就必须重换新绕组。重换新绕组可按下列步骤进行。

一、记录数据

为使重换新绕组后的电动机性能尽可能达到与原来一致，在修理电机时，切忌盲目地拆除旧绕组，并且在拆除旧绕组的过程中，要仔细认真地观察和测量旧绕组，把它的有关数据详细记录下来，以作为重新绕制新绕组的依据。数据记录如表 8－5 所示。同时选定一个线圈元件，将它的两条元件边所嵌放的槽和首、尾线端所联接的换向片，用油漆和钢冲作下记号，如图 8－15 所示。这样，就准确地记录了线圈元件的节距，以及线圈元件首、尾端接至换向器上的位置。

表 8－5　修理单相串励电动机技术数据记录表

原制厂：　　出厂　　年　　月　　日　　承修　　年　　月　　日

型　　号		功　　率		转　　速	
电　　压		电　　流		绝缘等级	
定子铁心和绕组数据					
内　　径		外　　径		长　　度	
磁极宽度		磁极高度		极弧长度	
气隙长度		线　　规		每极匝数	
电枢绕组和换向器数据					
转子槽数		实槽节距		线　　规	
每元件匝数		换向器片数		换向器节距	
槽形尺寸图：			元件至换向片接头位置示意图：		

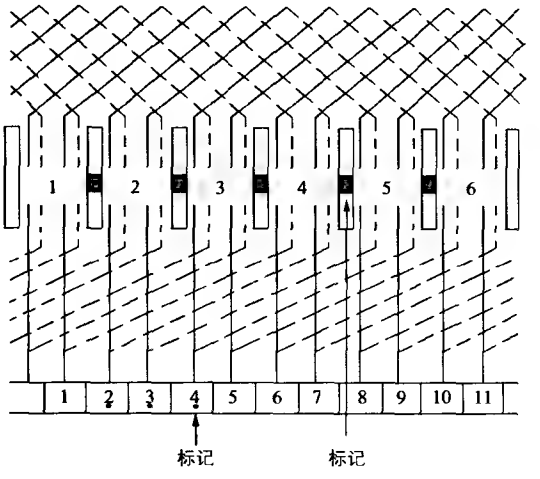


图 8－15　将线圈跨距与换向器节距作记号

二、拆除旧绕组

电枢绕组都是经过绝缘处理的，绕组经浸渍烘干后已被绝缘漆黏固为一个整体，变得异常坚固，要拆除还真有一定的难度。因此，只有将绕组软化后才可能顺利拆除。软化绕组绝缘漆主要有通电加热软化和溶剂溶解两种办法，现分述如下。

1．通电短路加热法

这种方法就是用短路侦察器来加热电枢绕组。进行加热时，应先用一根没有绝缘漆层的裸导线将换向器全部换向片短接起来，再把电枢平放在短路侦察器开口铁心处。接通交流电源后，电枢绕组很快就会因感应很大的短路电流而迅速产生高温，经过一定加热时间后绕组就会变软。绕组一旦变软就要乘热快速拆除，拆时不要将电枢从短路侦察器上移开。因为电枢放在短路侦察器上可以边拆边继续加热，使绕组能保持一定的温度而直到拆完。如果没有短路侦察器时，也可以将电枢放入烘箱内加热，以使绕组绝缘漆软化后再将其拆除。

2．溶剂溶解拆除法

采用溶剂溶解拆除旧绕组的方法是，将丙酮 25％、酒精 20％、苯 55％按质量比例混合起来。然后将电枢绕组整体浸入溶剂内，待绕组软化后即可取出来拆除绕组。在使用溶剂浸泡时，切记不可使换向器浸入溶剂中，以免换向器受到无可挽回的破坏性损伤。

拆除旧绕组时，不论是采取通电加热法还是溶剂溶解法，均可按以下步骤进行拆除。

（1）首先拆除绑在电枢绕组两侧端部的保护性扎绳，并在这时查明线圈元件首、尾接线端头的接线位置。同时查清线圈元件的并绕根数，方法就是察看每一换向片上接有几根线端。若每一换向片只焊接两根线端，其线圈元件就是单根导线所绕。如每一换向片焊接有 4 根线端，则线圈元件就是由 2 根导线并绕。

（2）拆除全部槽楔。拆槽楔一般可用平刃口的适当大小的起子顶在槽楔一端，用锤子敲打起子把槽楔敲出。若这样全部推出槽楔有困难，也可先敲出一小段，然后再用钳子夹住槽楔将其全部抽出来。

（3）拆除旧绕组。当槽楔全部拆出后，可从绕组端部用钢丝钳先剪断一个线圈组的导线，然后再用尖嘴钳把剪断的导线从槽里抽取出来，直至依次拆完全部旧绕组。在拆线的过

程中，要将导线线径、匝数、绕组节距、换向片节距、绕组绕向等数据逐一记入表 8－4 内。

(4) 拆除旧绕组后的清理。旧绕组全部拆除后，要对电枢铁心和换向器进行全面清理及检查。清理步骤如下所述。

① 可用薄锯条将槽内残存的绝缘纸、绝缘漆等彻底清理干净。以免因这些残余物而减小槽内有效容积，从而增加重换绕组的困难。

② 仔细检查电枢铁心的槽内和槽口等地方，如发现有尖角、毛刺、硅钢片高低不平或位置移动等情况，就必须用锉刀将其锉平校正。以免重换新绕组时刺破槽绝缘和导线绝缘，造成电枢绕组通地、短路故障。

③ 在拆除旧绕组的过程中，应注意选择一个外形较完整和内、外尺寸有代表性的线圈留下来，以作为制做线模和绕制新绕组的参考。

④ 旧绕组全部拆完后，应将换向片上残留的焊锡和线段用电烙铁全部焊下来。并用一根磨成和线圈元件导线直径一样厚度的薄锯条，将换向片接线槽内残存的焊锡全部清干净。

⑤ 将粘附在换向器上的一切杂物仔细清理干净，并用图 8－16 所示的换向器挖槽工具，将相邻两换向片槽间存留的粉尘和突出的云母片清理好。换向器片间云母的挖削整理应如图 8－17 (a) 所示，削低的云母片应当平直整齐，而不应如图 8－16 (b) 所示那样削成尖槽状。在将换向器上的杂物、粉尘和突出的云母片清理好以后，接着就可用兆欧表或试灯检查换向片之间和换向片与转轴之间，是否存在有短路及接地故障。此项检查极为重要，必须仔细认真做好。如不经检查换向器有无故障就直接绕线、嵌线和接线，待绕组重绕后再发现换向器有问题，其返修工作就将会困难得多。

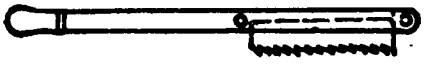
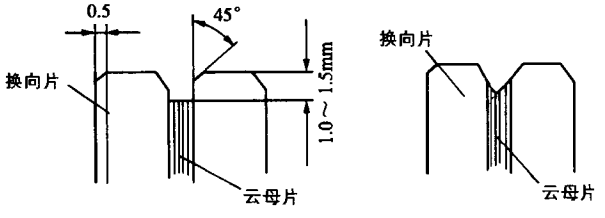


图 8－16　换向器挖槽工具



(a)　　(b)

图 8－17　换向器上云母片的挖削

三、裁剪、放置槽绝缘

电枢绕组在重绕之前，应在槽内垫放裁剪好的新槽绝缘。绝缘可用一层聚酯薄膜复合青壳纸，B 极绝缘则采用一层 6630 聚酯纤维无纺布聚酯薄膜复合箔（简称为 DMD)。槽绝缘应伸出电枢铁心槽的两端约 5mm 左右，高出槽口约 10mm。为便于线圈的绕嵌，槽绝缘应随绕随放以免损坏绝缘。此外，在电枢铁心两侧绕组所围住的转轴部分，要用玻璃漆布带包扎几层加以绝缘，以免绕组在此处产生接地故障。电枢铁心的槽绝缘、转轴处绝缘垫放包扎好以后，就可以进行线圈的绕线和嵌线工作。

四、绕制新绕组

单相串励电动机在重换电枢绕组过程中，电枢绕组的重新绕嵌是关键性的一环。因此，对其绕制原理和操作工艺均应很好掌握。小功率单相串励电动机电枢绕组的绕制有叠绕式和对绕式两种方法，它们各有其优缺点，现将电枢绕组的绕组型式和绕制工艺分述如下：

1. 绕组型式

单相串励电动机的电枢多为单叠绕组。这种绕组的特点是其每个线圈元件的首端和尾

端，是分别焊接在换向器相邻两换向片上的。各线圈元件则顺序串联，直至最后1个线圈元件的尾端与起始线圈元件的首端接成闭合绕组。绕组的线圈组数与电枢槽数相等，线圈元件数则与换向片数相等。但其线圈组数与换向片数却可为槽数一倍、二倍和三倍。也就是说电枢铁心的1个“实槽”，可由1个、2个、3个“虚槽”组成，电枢绕组“虚”、“实”槽的关系如图8－18所示。

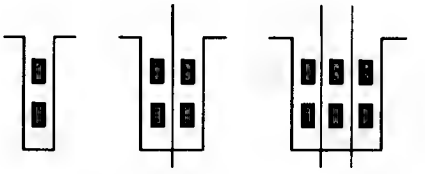


图8－18　虚槽与实槽的关系
(a) 1个虚槽等于1个实槽
(b) 2个虚槽等于1个实槽
(c) 3个虚槽等于1个实槽

通常为了改善电枢换向以减小和消除换向器上的火花，同时不使电磁转矩减少过多，对线圈元件节距 Y_1 的选取原则就必须是接近全节距的短距，用公式表示即为：

$$\text{单数槽电枢线圈元件节距 } Y_1=\frac{Z-1}{2}$$

$$\text{双数槽电枢线圈元件节距 } Y_1=\frac{Z-2}{2}$$

式中　Z——指转子槽数。

电枢绕组的绕线均为手工绕制，并且电枢的体积都很小而不易操作。为使绕线工作能准确方便地进行，可以制作一个如图8－19所示的专用工具把整个电枢卡住，然后把工具和电枢一起装到绕线机上。绕线时用一只手转动绕线机，另一只手则捏着导线，两手配合着将导线绕入电枢槽内。这种专用工具使绕线工作变得方便省力，并能利用绕线机上的记数器自动记录所绕匝数，可确保电枢绕组的修理质量。

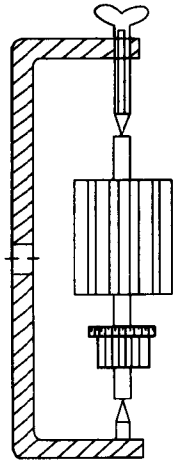


图8－19　电枢绕线用工具

电枢绕组具体的绕线方法有叠绕式和对绕式两种，它们的区别就在于线圈绕嵌入电枢的顺序不同，现以一台9槽9换向片的电枢为例来说明这两种绕法。由于是单数槽电枢，此时其线圈元件节距 $Y_1=\frac{Z-1}{2}=\frac{9-1}{2}=4$，(即1－5槽)。

叠绕式绕线的绕线顺序如图8－20所示，从图中可以看出，第1个线圈绕在1槽与5槽，第2个线圈绕在2槽与6槽，第3个线圈绕在3槽与7槽，这样顺序绕下去直至绕完电枢全部槽中所有的线圈。

对绕式绕线的绕线顺序如图8－21所示，从图中可以看出，第1个线圈绕在1槽与5槽，但第2个线圈则不再像叠绕式那样从第2槽开始绕，而是从第1个线圈所占的第5槽按节距4绕至第9槽。第3个线圈则从第9槽按节距4绕至第4槽，按上述绕线顺序依次绕下去，直至绕完电枢全部槽中所有的线圈。

在单相串励电动机实用的电枢绕组中，每槽内常有2～3个线圈元件，即为具有2～3个虚槽的绕组，其换向片数也就比槽数多。因此，它的电枢绕组绕制工艺也就比较复杂，下面将分别介绍叠绕式和对绕式绕组的实际绕制。

2．叠绕式绕线

在叠绕式的绕线中，不论其每槽内绕制的是1个线圈元件，或是2～3个线圈元件，它

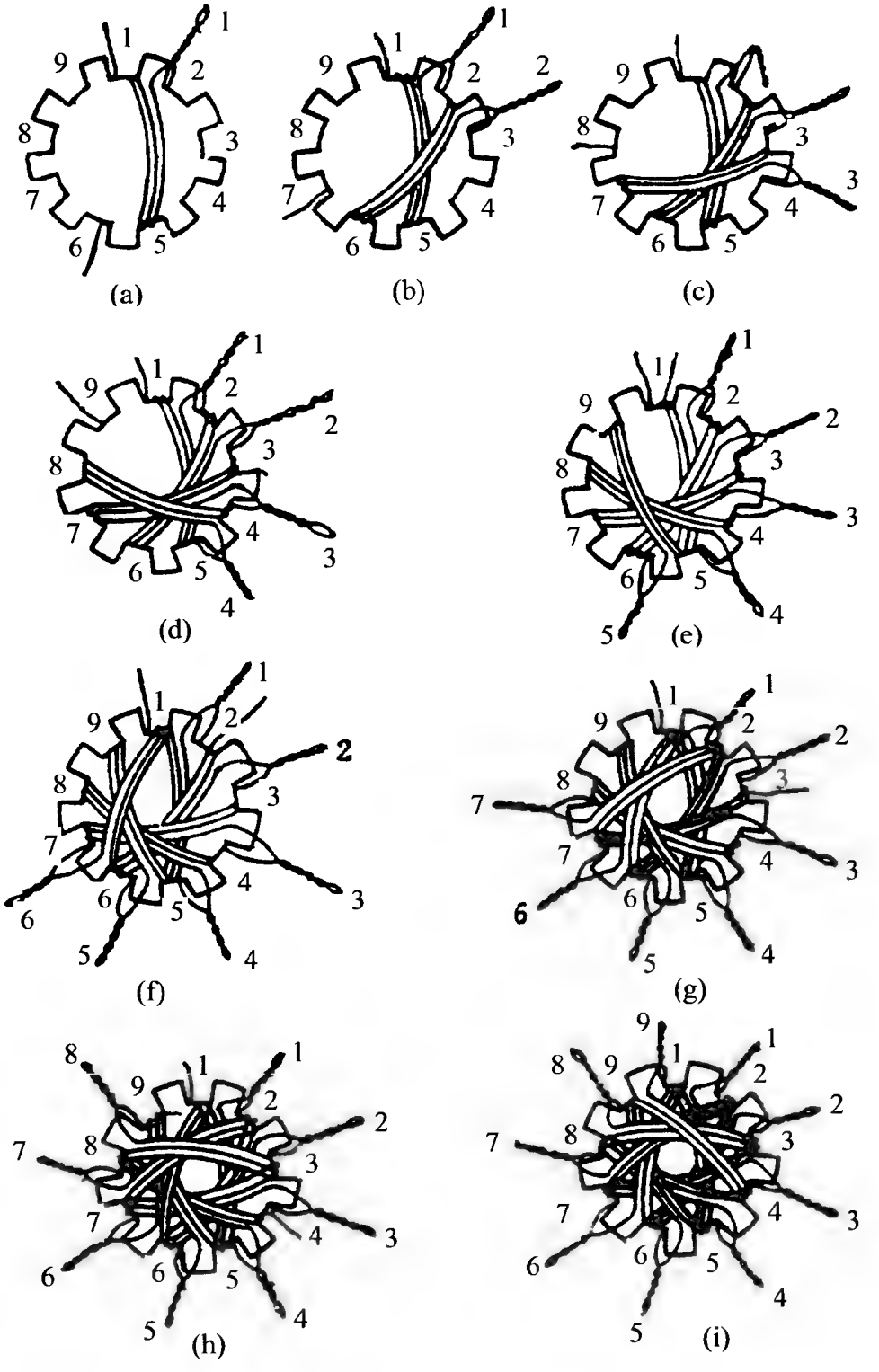


图 8－20　叠绕式绕线的绕线顺序

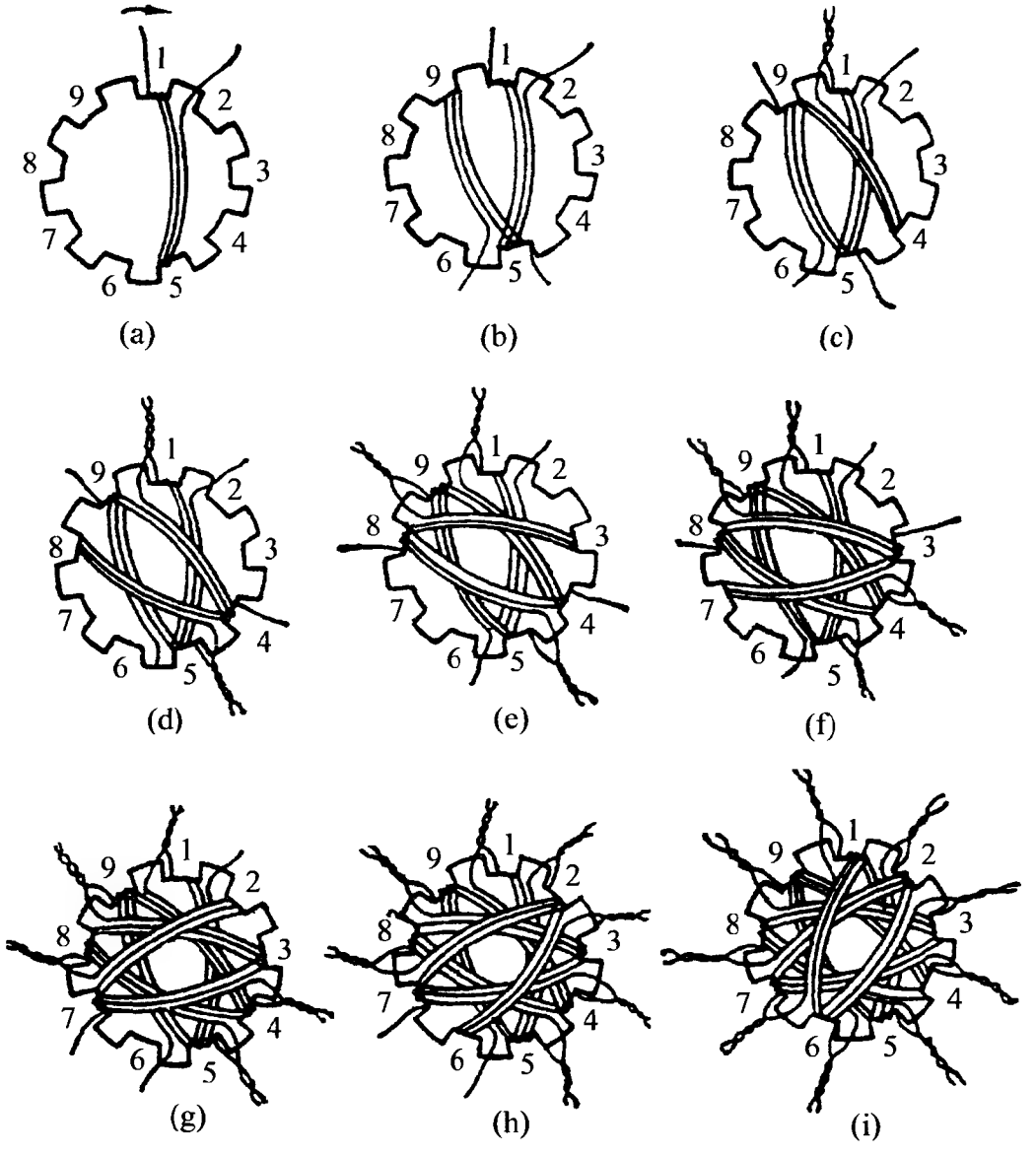


图 8－21　对绕式绕线的绕线顺序

们的绕线顺序均与图 8－20 所示叠绕式绕线的顺序相同。现将叠绕式绕线的连绕法和并绕法简介如下。

（1）连绕法　今以一台 9 槽 19 换向片的电枢来说明其接法。图 8－22 所示为叠绕式连绕法的绕线顺序，从图中可以看出，它先绕第 1 个线圈元件于 1－5 槽之中，绕完规定线匝数后即抽 1 个线端留着。接着绕 1－5 槽内的第 2 个线圈元件，绕完所需匝数后也抽 1 个线端留着。然后按同样绕法依次将 3、4 两个线圈元件绕于 2－6 槽内，把 5、6 两个线圈元件绕于 3－7 槽内等，直至绕完全部槽中的各线圈元件。为了区别各槽中的第 1 个抽头和第 2 个抽头，可以采取在抽头上面套不同颜色的套管，或将其中某个抽头留得长些的办法解决。

(2) 并绕法　对于每槽有2～3个线圈元件的电枢绕组，则可以采用图8－23所示的并绕法绕制。这种绕法是用两根或多根导线同时并绕，将槽内的2个或多个线圈元件一次绕出。在绕完规定匝数后即将导线剪断，其首、尾接线端让它们分别空置暂时不接。然后按同样的方法绕制其余各槽的线圈元件。全部线圈绕完后，先将放置在槽下层各线圈元件的首端依次接入选定的换向片接线槽内；再用试灯或万用表检试各槽中线圈元件的尾端，让它们按照已接入线圈元件首端的顺序排列，再按接法要求将各线圈元件尾端依次接入应接的换向片接线槽。叠绕式绕线比较简单，但其最大的缺点是电枢绕组端接部分长度不一致，导致电枢的重量不平衡，电枢在转动时易产生较大的振动。并且，由于绕组端部不均匀，各槽线圈元件的电阻值也会出现差异，使电刷所联接的电枢绕组内两条并联支路的电流也不可能很平衡，以致电枢换向情况变差而使换向器产生较大的火花。

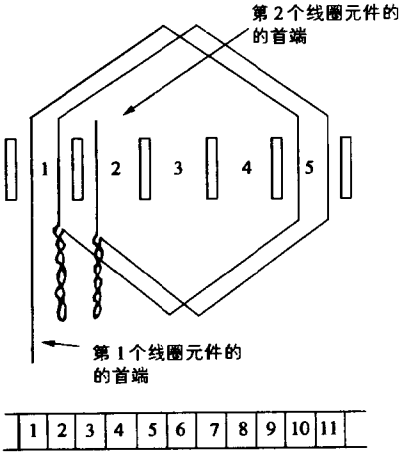


图8－22　叠绕式连绕法的绕线顺序

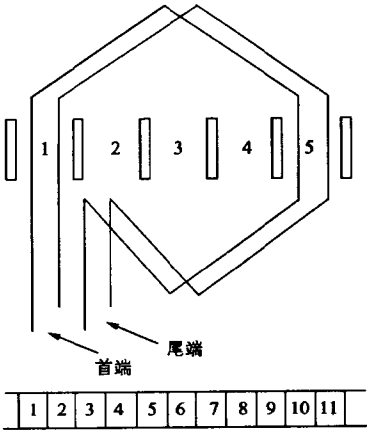


图8－23　叠绕式并绕法的绕线顺序

3. 对绕式绕线

在对绕式的绕线中，不论其每槽内放置的是1个线圈元件，或是多个线圈元件（多个虚槽），它们的绕法均与叠绕式相同，不同的只是在各槽线圈之间的绕线顺序有区别。现将对绕式绕线方法简介如下。

(1) 连绕法　今以一台9槽27换向片（即有3个虚槽）的绕组为例来说明这种接法。如图8－24所示，绕制先从第1槽至5槽开始，连续绕3个线圈元件。在第1和第2个线圈元件绕完时其导线都不剪断，而是引出适当长度后折回扭结一段再继续绕线。当绕完第3个线圈元件后，才将导线在引出适当长度后予以剪断。这个线端就是第1槽线圈组的尾，可以把它仍放在1槽暂时不接。然后从5槽向9槽绕第2个线圈组，第2个线圈组的每个线圈元件的绕法与第1线圈组相同。第2线圈组绕完后，将导线引出适当长度后予以剪断，第2线圈组的尾端也放在5槽暂时不接。接着再将导线从9槽向4槽绕第3个线圈组，其绕法与第1、2两个线圈组的绕法相同。余下各个线圈组的绕法可依此类推，直至再绕回到第1槽时为止。第9个线圈组绕完后，该电动机电枢绕组的绕线工作就完成了，并且每个线圈组内的几个线圈元件也同时联接好。最后只须将各线圈组之间的首、尾线端串接，然后依次接入换向器相应的换向片接线槽中，即成为1个闭合的电枢绕组。

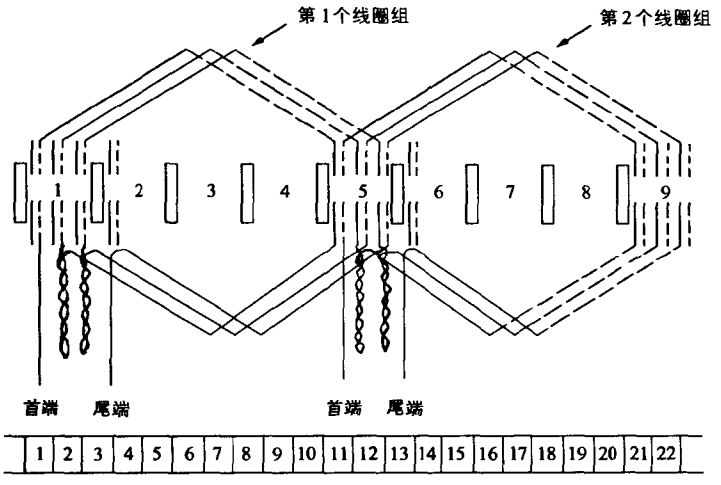


图 8－24　对绕式连绕法的绕线顺序

(2) 并绕法　这种绕法也是同时用三根导线一次绕一个线圈组，每个线圈组绕完后留下适当长度的引线端并将三根导线一起剪断。其线圈组之间的绕线顺序与连绕法相同，如图 8－25 所示即为并绕法时的绕线。从图中可以看出，它与连绕法时一样，也是从 1 槽向 5 槽开始绕第 1 线圈组。接着再从 5 槽向 9 槽绕第 2 个线圈组，这样依次绕下去直至绕完电枢绕组的全部线圈组为止。

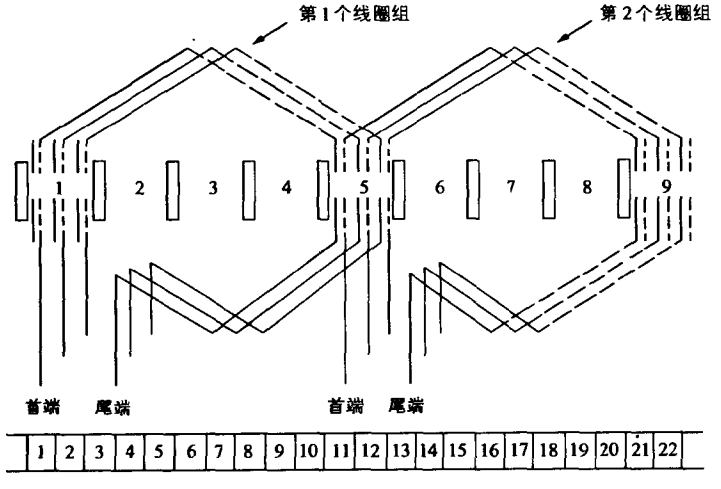


图 8－25　对绕式并绕法的绕线顺序

(3) 对绕式单数槽的绕线顺序　上面介绍的几种电枢绕组均为单数槽时绕式的绕线顺序。为了能够全面理解和掌握单数槽对绕式的绕线规律，下面列出几种常见槽数电枢绕组的绕线顺序。

9 槽铁心，节距：1～5 槽；

顺序：1～5，5～9，9～4，4～8，8～3，3～7，7～2，2～6，6～1。

11 槽铁心，节距：1～6 槽；

顺序：1～6，6～11，11～5，5～10，10～4，4～9，9～3，3～8，8～2，2～7，7～1。

13 槽铁心，节距：1～7 槽；

顺序：1～7，7～13，13～6，6～12，12～5，5～11，11～4，4～10，10～3，3～9，9～2，2～8，8～1。

15 槽铁心，节距：1～8 槽；

顺序：1～8，8～15，15～7，7～14，14～6，6～13，13～5，5～12，12～4，4～11，11～3，3～10，10～2，2～9，9～1。

17 槽铁心，节距：1～9 槽；

顺序：1～9，9～17，17～8，8～16，16～7，7～15，15～6，6～14，14～5，5～13，13～4，4～12，12～3，3～11，11～2，2～10，10～1。

19 槽铁心，节距：1～10 槽；

顺序：1～10，10～19，19～9，9～18，18～8，8～17，17～7，7～16，16～6，6～15，15～5，5～14，14～4，4～13，13～3，3～12，12～2，2～11，11～1。

(4) 对绕式双数槽的绕线顺序　对绕式双数槽绕线顺序与单数槽时略有差异，为理解和掌握这种对绕式双数槽的绕线规律，下面列出几种常见槽数电枢绕组的绕线顺序。

10 槽铁心，节距：1～5 槽；

顺序：1～5，6～10，5～9，10～4，4～8，9～3，3～7，8～2，2～6，7～1。

12 槽铁心，节距：1～6 槽；

顺序：1～6,7～12,6～11,12～5,5～10,11～4,4～9,10～3,3～8,9～2,2～7,8～1。

14 槽铁心，节距：1～7 槽；

顺序：1～7，8～14，7～13，14～6，6～12，13～5，5～11，12～4，4～10，11～3，3～9，10～2，2～8，9～1。

16 槽铁心，节距：1～10 槽；

顺序：9～16，1～8，8～15，16～7，7～14，15～6，6～13，14～5，5～12，13～4，4～11，12～3，3～10，11～2，2～9，10～1。

18 槽铁心，节距：1～11 槽；

顺序：10～18，1～9，9～17，18～8，8～16，17～7，7～15，16～6，6～14，15～5，5～13，14～4，4～12，13～3，3～11，12～2，2～10，11～1。

从上列的绕线顺序可以看出，单数槽的绕线顺序有着比较明显的规律性。这个规律就是先绕的线圈绕向哪个槽，则紧接着要绕的线圈就从哪个槽开始，所以较容易掌握和记牢。而双数槽的绕线顺序则不太好掌握与记忆，因为它的规律性不怎么明显。但双数槽的绕线顺序却有一个不许违背的原则，该原则就是每绕的两个线圈组它们必须相平行。如在 10 槽铁心的绕法中，第 2 个线圈组必须与已绕的第 1 个线圈组相平行。而第 4 线圈组则必须与先行绕线的第 3 线圈组相平行，其余的线圈组则是 6 与 5、8

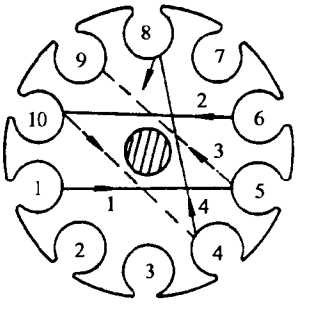


图 8－26　双数槽对绕式的接线顺序

与7、10与9等相平行，如图8－26所示。图中小圆圈里面的数字表示绕线顺序，箭头表示绕线方向。只要记住这个特点，对绕式双数槽的绕线顺序就比较容易掌握和记忆的了。

4．打入槽楔

当绕组全部绕完后，就可以把高出槽外的绝缘剪去。然后将一边的绝缘压进槽内，盖在线圈的导线上面。接着再将另一边的绝缘也压进槽内，让其盖在先压进的绝缘上面。然后打入槽楔，使线圈的导线全部被包在绝缘内而不至跑出槽外。槽楔可用环氧玻璃层板或油浸竹条制成。把槽楔全部打入各槽后，先对换向器端的电枢绕组端部进行整理，并用蜡绳或布带把绕组端部捆住，以防止电枢在高速运转时因离心力的作用而甩伤绕组。

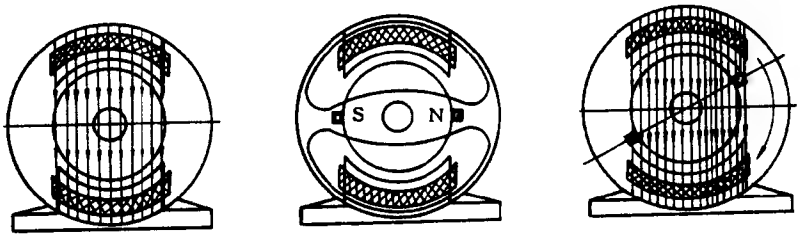
五、线圈元件线端接入换向器

线圈元件首、尾端接到换向器的位置正确与否是极为重要的。因为线端朝哪个方向偏移，偏移多少，不仅会对换向及火花产生影响，而且对电机的其它性能如转速、转矩等均有严重影响。所以，线圈元件首、尾线端的联接应该特别予以重视。

如果在拆除旧绕组时，已经将线圈元件到换向器片上的接线位置作了记号。此时就只须按照这个记号，依次把线圈元件的线端接入换向片接线槽即可。

假如在拆除旧绕组时没有记下电枢绕组与换向器的接线位置，或者所修电动机此前已被大修过，对电枢原有接线是否正确抱有怀疑等。这时，为了在没有原始记录的情况下能把绕组正确地接到换向器上，就应搞清楚绕组、换向器、电刷和磁场之间的关系，重新进行绕组的联接并将电枢修好。

电刷与换向片经常是和两片或多片接触的，这些被接触换向片间的线圈便会产生短路。如果短路的线圈处于电机磁场中性区，则由于线圈内的感应电势很低和短路电流很小，因而在换向器和电刷间便不会有多少火花。但当短路的线圈如果正好处于磁极下面时，则线圈内将因产生高感应电势而导致较大短路电流的发生，从而引起换向器与电刷间发生严重火花，并影响到电动机一些其它的运行性能。因此为了防止严重火花的发生，在进行线圈元件线端与换向器的联接时，应该使被电刷短路的线圈位于磁场的中性区域，并且应尽可能在负载中性线附近。掌握了这一原理，再将电枢绕组各线端正确地接到换向器上就比较容易了。但还须指出的是，由于电枢反应的原因，在电动机工作时，其磁场中性线会比几何中性线向右偏移一个角度（假定电枢的旋转方向为向前），如图8－27所示为电枢反应的影响。图8－27(a)所示为只有主磁场的情况，此时磁场中性线与几何中性线重合；图8－27（b）所示为电枢磁场的情况；图8－27（c）所示则为定子与电枢这两个磁场的合成。从图中可以看出，



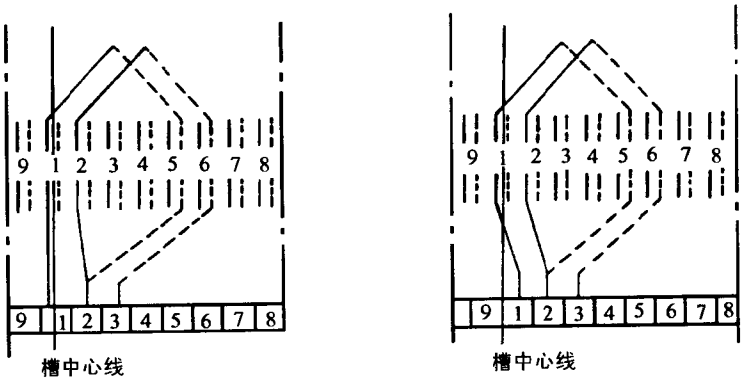
(a)　　(b)　　(c)

图8－27　电枢反应与电刷位置

a）几何中性线与磁场中性线重合　（b）电枢磁场情况　（c）磁场中性线落后于几何中性线

电枢反应的结果是使磁场的中性线向后偏移了一个角度。

由于电枢反应的存在，使原来处于几何中性线的线圈实际上已不处在磁场中性线上了。如果按几何中性线来考虑绕组线端与换向器的接线位置，势必就会产生严重火花。对于一些电刷可移动的单相串励电动机，只须把电刷向后移一个磁场偏角，即可进入无火花换向区域。而目前使用的许多电钻、电锤上的单相串励电动机，其刷握多固定在几何中性线上，移动调节的可能性极少。要减少火花则可在将电枢绕组线端接至换向器时，就不应将线端直接接至和电枢槽对准的换向片上，而常把线圈线端按电枢旋转方向斜出 1～2 片换向片。少数电枢绕组的线端也有接在与槽对正的换向片上的，这是由于设计时其内部磁极与刷握的相对位置所决定的。如图 8－28 所示为电枢槽中心线对应于换向器上的两种不同位置。图 8－28 (a) 为槽中心线对应于换向片上的情况；图 8－28 (b) 为槽中心线对应于云母片上的情况。在重新确定电枢绕组与换向器的接线时，还必须先搞清楚电动机的旋转方向。只有在掌握电动机旋转方向的前提下，才能确定线圈线端应偏移的方向。



(a)　　(b)

图 8－28　电枢槽中心线对应于换向器上的位置

(a) 槽中心线对准换向片　(b) 槽中心线对准云母片

另外还须注意的是，由于电钻、电锤的钻头工作时都是按顺时针单方向旋转的。但其内部电枢的旋转方向则不一定是按顺时针的。这是因为电动机电枢与钻头之间经过若干级数的齿轮减速后，才确定下钻头最终按顺时针方向旋转，而电枢则不一定是按顺时针旋转的。因此，在确定电枢转向时对这点应特别注意。

六、换向器的焊接

线圈元件线端的焊接要求认真仔细，只要在工作中稍不注意就有可能发生接线错误、焊接质量差等许多故障。导致费力不讨好的返修，因此必须努力按要求做好这步工作。

进行焊接工作时，首先要在绕组端部与换向器之间用玻璃丝带或其它绝缘材料把空间填满。外面再包一个玻璃漆布带剪成的锥形套，以使绕组端部与引线隔开。相邻两引线之间则夹一条漆布带，以作为相邻两引线间的绝缘。另外，也可以在引线上套以玻璃丝漆套管来绝缘。然后将线圈线端应进入换向片接线槽处的漆层刮除干净，以便焊接。当线圈的导线线径很细时，则可用火柴慢慢将漆层烧除，或用零号砂布轻轻把漆膜去掉。在刮除导线绝缘漆时，注意不要让刮下来的漆层、铜屑等落入线圈内，以免造成线圈元件、换向片的短路故

障。绝缘漆层刮除后，就可以将线端嵌入应接的换向片线槽中。待电枢绕组各线圈元件线端全部嵌入换向片后，就可以开始进行焊接。对换向器换向片槽的焊接，其焊剂应选用松香酒精溶液，而决不可以使用带有腐蚀性的焊锡膏或焊锡水。焊接前，应在换向片的接线槽中先涂以少量的松香酒精溶液，以避免高温烙铁接触此处时产生表面氧化而影响焊接质量。焊接时，应如图 8－29 所示将电枢放在木架上进行。放置电枢时换向器端要稍低些，电枢另一端则要放得稍高些，使整个电枢处于倾斜位置，以防止焊接过程中焊锡流入线圈内部而造成短路故障。全部焊完后，用刀割断接线槽外伸出的多余线端，并将换向器片间的焊锡杂物等清除干净。焊接时烙铁要保持足够的温度，烙铁离开焊接处时动作要迅速，使焊接处焊得牢固、表面光滑无毛刺。如烙铁头焊接面不平整、未挂锡或氧化物太多，则应将烙铁头焊接面锉平去除氧化物后再重新搪上锡，换向器各接线槽全部焊接完毕后，就可以进行电枢绕组的端部捆扎。

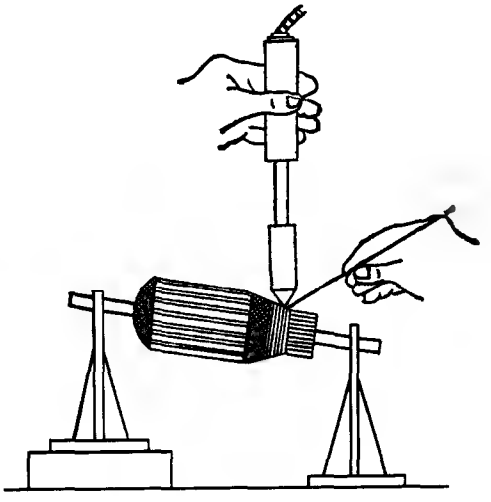


图 8－29　电枢绕组与换向片焊接示意图

七、绕组端部捆扎

单相串励电动机的转速一般都比较高，因而离心力也很大。在离心力的作用下，电枢绕组端部和引线端部都极容易飞散开来。因此，在靠近电枢换向器一侧的绕组端部，必须捆扎一层蜡线以加固端部绕组。蜡线的粗细则应根据电枢直接的大小来适当选用。电枢绕组端部蜡线的捆扎可按图 8－30 所示的步骤进行。

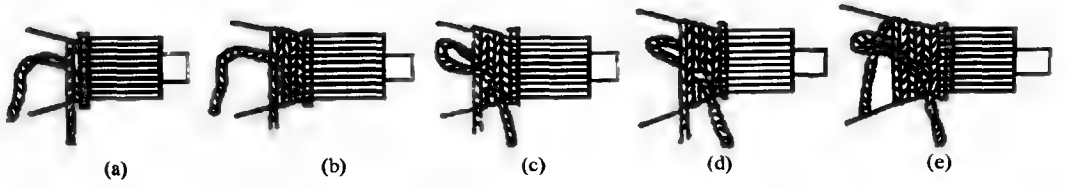


图 8－30　在电枢上捆扎绑线的方法

(1) 从靠近换向器的位置开始缠绕蜡线，将蜡线的线头留出适当长度的一段，见图 8－30 (a)；

(2) 先将蜡线缠绕几匝，把预留的一段线头压在缠绕的线匝下面，但仍留一长段线头在线匝外面，见图 8－30 (b)；

(3) 将留在外面的一段线头折转成圈结，留出一段线头于缠绕的线匝外面，见图 8－30 (c)；

(4) 在圈结外面连续缠绕，直至绕满电枢绕组部分，见图 8－30 (d)；

(5) 将蜡线尾端穿过圈结后，用力抽拉留下的那段线头，把圈结逐渐缩小。最后将蜡线

尾端压到缠绕线匝的下面，剪去多余线头后，绕组端部捆扎即完成，见图 8－30（e）。

电枢绕组端部蜡线的捆扎过程中，握住蜡线的手在缠绕时自始至终都要拉紧，绝不可中途松动。蜡线缠绕应用力均匀排列紧凑整齐。

八、电枢绕组的试验

电枢绕组在重绕及焊接工作全部完毕后，必须进行以下一些项目的检查试验，以确认重绕结果是否正确。并且在此时发现错误也较容易返修。这些检查试验是：

（1）线圈元件是否反接；

（2）线圈元件线端接线位置是否正确；

（3）绕组内部是否有短路；

（4）绕组内部是否有断路；

（5）绕组内部是否有通地。

对这些故障的检查方法前面已有叙述，此处就不再重复。电枢绕组经过上述检查，如果一切正常的话，可将电动机先装配起来作短暂的运转试验。试运转时应首先观察其旋转方向，当电动机旋转方向错误时，则可将励磁绕组与电刷架联接的两根线端互换一下即可改正。如果换向器火花较大，而调整电刷型号、弹簧压力、电刷与换向器接触面等方面又无法使火花减少时，则可能是线圈元件到换向器的接线位置不正确。此时，可用移动电刷架的方法来调整火花的大小。如果刷架位置是不能移动的固定形式，那就必须对线圈元件线端到换向器重新进行联接。有时也可设法用移动端盖位置来进行调整，因为电刷架固定在端盖上，移动端盖的位置也就是移动了电刷的位置。例如将端盖的位置逆时针方向移转 5°，则线圈元件到换向器的接线位置就相当于顺时针方向偏移了约 5°。

进行试运转时，必须特别注意以下两点：

（1）从前面我们已经知道，单相串励电动机的机械特性比较软，其空载转速远比负载转速高。因而它是不能在额定电压下作空载运行的，以免在高转速下离心过大而甩坏电枢绕组。进行试运转时，一定要让电动机带上负载或者在低电压下进行。同时还应用转速表监视电动机的转速，使其不要超过额定值。

（2）试运转的时间不应太长，因为此时电枢绕组尚未进行浸渍处理，绕组的机械强度和耐热能力都不高，在离心力作用下电枢绕组极易飞散而甩坏。

上述这些检查和试验必须在电枢绕组浸渍处理以前进行，因为未浸漆的绕组和绝缘物都比较松散，易拆易返工。但经过绝缘漆浸漆处理后，绕组与绝缘已黏结成为一个整体，到那时发现故障就不易返修了。

九、绕组的浸漆与烘干

如果试运转一切正常，就说明电枢绕组的重换工作已基本成功。这时可进行浸渍烘干的最后工序。当采用无溶剂环氧树脂漆浸漆时，它的工艺过程如下：

（1）预烘 4h：90℃：2h，120℃：2h；

（2）保持电枢温度在 110℃左右浸渍，以不冒气泡浸透为标准；

（3）滴干余漆 1h；

（4）烘干 15h：90℃：1h，120℃：14h。

为了保证电枢平衡，在滴干和烘干中必须将电枢直立旋转。以免漆液固化在电枢的一边，造成电枢周边重量不平衡。绕组浸渍一般要求用相同的方法浸洪两次。这时第一次可将

电枢由换向器朝上直放，而第二次则由换向器朝下直放，以使两端的漆膜均匀。浸渍时，要让漆液充满槽内的空隙。烘干时必须使漆充分固化，使两端的漆膜均匀，使电枢成为一个坚固的整体。

电枢绕组经浸渍烘干后，还要作短路试验和耐压试验。试验方法如前所述，此处就不再重复。

习　题

1. 电动机重换绕组时，为什么要详细记录技术数据？
2. 简述拆除旧绕组的几种主要方法？采用这些方法拆除旧绕组时应注意什么？
3. 单相电动机分布式定子绕组的重绕工艺步骤有哪些？
4. 重换绕组时，绕制新线圈应注意哪些事项？重新嵌线应注意哪些事项？
5. 定子绕组接线前应作哪些检查？怎样进行绕组的联接？
6. 为什么在绕组嵌线和接线后要进行检验？主要有哪些检验项目？
7. 重换绕组后，对绕组的浸漆烘干处理主要有哪些作用？
8. 单相电动机集中式定子绕组的重绕工艺步骤有哪些？
9. 集中式定子绕组重换绕组后要进行哪些项目的检验？
10. 单相串励电动机电枢绕组的重绕工艺有哪些步骤？
11. 拆除电枢旧绕组时，为什么要分别在线圈节距、换向器节距处作标记？
12. 什么是电枢绕组的“实槽”和“虚槽”？“实槽”与“虚槽”之间有什么关系？
13. 电枢重换绕组的绕线有哪两种绕线方式？这两种绕线方式各有何特点？
14. 电枢绕组的线圈元件线端接入换向器前应注意哪些事项？进行换向器的焊接时应注意哪些事项？
15. 当线圈元件线端接入换向器的接线位置有错误时，会产生什么影响？调整电刷架位置能否消除这些影响？
16. 电枢绕组端部为什么要用蜡线捆扎？用蜡线捆扎端部时应注意什么？
17. 电枢重换绕组后应进行哪些项目的试验？电枢试运转时应注意什么？

第 9 章　单相电动机修复后的必要试验

单相电动机经过大修或重换绕组的修理之后，均应进行必要的检查试验，以确保电机的修理质量和安全可靠地运行。检查试验内容主要有外观检查；绝缘电阻测量；直流电阻测量；耐压试验；空载试验；短路试验等项目，现将这些检查试验分述如下。

第 1 节　外观检查

修复后的单相电动机在试验开始前，首先应进行一次全面仔细的外观检查。外观检查主要包括，检查绕组出线端标记是否正确，各绕组的接线是否正确。检查电动机的装配质量，看零部件的装配是否正确，各部分的紧固件是否旋紧到位，转子转动是否灵活，有无异常声音和碰擦现象。转轴的轴承是否运转平稳、轻快，有无停滞现象，以及声音是否均匀、有无夹带杂音等。单相串励电动机则还应检查其电刷位置是否正确，电刷在刷握中是否灵活和电刷与换向器的接触面是否吻合等。只有在确认电动机的外观检查良好时，才可以进行其它项目的试验，通电检查试验的项目更应如此。通过外观检查，有时还能发现电机存在的一些问题，使其及早得到解决。

第 2 节　绝缘电阻测量

应测试的绝缘电阻包括定子各套绕组和电枢绕组与机壳间的绝缘电阻，各绕组与绕组之间的绝缘电阻，以及电刷架、接线板与机壳间的绝缘电阻等。测量绝缘电阻通常使用兆欧表。单相电动机的额定电压多为 220V，因而可采用 500V 兆欧表进行检测。测量时，用兆欧表检测各绕组对机壳及主、辅绕组的绝缘电阻。如果主、辅绕组的首、尾端均已引出机壳外，则应分别测量主、辅绕组对机壳和相互间的绝缘电阻。但如主、辅绕组已在电动机内部联接在一起，引出机壳外的出线端已是它们共同的首、尾端，这时也就只能测量绕组对机壳的绝缘电阻。重换新绕组后的单相电动机，在室温下其绝缘电阻一般均为 20MΩ 以上。如被测电动机的绝缘电阻值达不到要求时，则应查明绝缘电阻值低的原因以对症修复。

第 3 节　直流电阻测量

测量直流电阻时，先将被测电动机在室内静置几小时，使其达到实际的冷却状态。然后用电桥表或万用表分别测量主、辅绕组的出线端，将所测出的电阻值与旧绕组的电阻值进行对比，其电阻值的差别不应超过 3%。从新、旧绕组电阻值的对比中，可以核对新绕组绕制中的线径、匝数、接法以及线模尺寸等的选用是否正确，和是否有焊接质量及短路故障的存在等。

第 4 节　绝缘耐压试验

绕组绝缘的耐压试验包括各绕组对机壳及主、辅绕组间的绝缘强度试验，主要用来考核电动机的主绝缘是否存在局部缺陷。绝缘耐压试验可采用图 9－1 所示的线路进行，通常均用 50Hz 的高压交流电作试验电源，看绕组绝缘能否承受一定的高压而不被击穿。

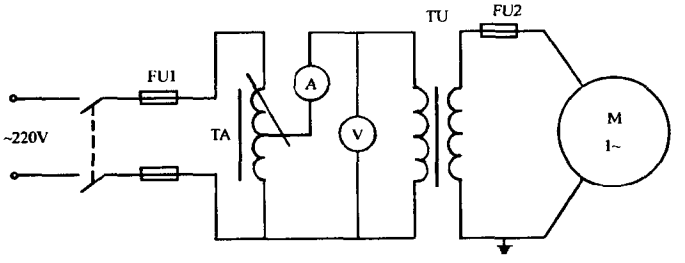


图 9－1　耐压试验的接线示意图

试验时，加在电动机绕组上的电压应在调压器的控制下逐渐升高。从试验电压值的 50％上升到全值的时间不得少于 10s，在全值电压处应保持 1min，然后迅速将电压降至试验电压值的 50％以下，此时即可结束试验断开电源。

当主、辅绕组在电动机内部已联接在一起时，则只能进行绕组对机壳的高压试验。单相电动机的功率多在 1kW 以下，其试验电压为 2 倍额定电压加 500V，但相加后的电压应不少于 1000V。功率在 1kW 以上的单相电动机，其试验电压则应为 2 倍额定电压加 1000V，但相加后的电压应不少于 1500V。试验时间均为 1min。

第 5 节　空载试验

进行空载试验，除了能通过观察电动机的运转情况以检查装配质量外，还可以测量空载电流和转速。根据空载电流是否超出规定值，可以核查电动机绕组的接线和线圈匝数是否正确。在通常情况下，功率在 1kW 以下电动机的空载电流应为其额定电流的 40％～50％。如果空载电流大于上述范围，就有可能是在重换绕组时减少了线圈应绕匝数所致。或者定子与转子铁心间气隙过大、转子铁心轴向位移等。假如空载电流小于上述范围，则可能是在重换绕组时不注意而增加了匝数。单相电动机空载试验可按图 9－2 所示的线路进行。

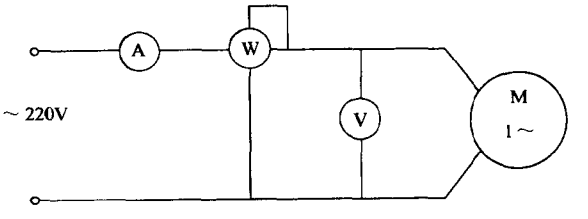


图 9－2　空载试验的接线示意图

第 6 节　旋转方向的检查

从前面我们已经知道，单相电动机的旋转方向与其主、辅绕组的相互位置有关，也即与

主、辅绕组出线端的相互联接有关。如果电动机的旋转方向与负载旋转方向有误，则只须改换主、辅绕组间的相互联接即可。但是在某些电动机中，因其主、辅绕组在电机内部就已接在一起，这时要在外部改变电动机的旋转方向已不可能（有双向旋转出线端的电动机除外）。因此，在空载试验时如发现这类电动机的旋转方向不对，就应将电动机的端盖拆开，把其内部的绕组接线予以改接，使之符合负载所要求的正确转向。

第7节　电容器的检查

电容器在单相电容电动机中主要起移相作用，它使电动机的主、辅绕组内电流形成90°电角度的相位差，从而产生起动转矩使电动机旋转。单相电容电动机经常使用的电容器为纸介电容器和电解电容器两种。检查时主要察看电容器是否出现失效、短路、断路、接地等故障的迹象，如发现有故障现象就须进一步深入检查，方法则如前如述。如果一时难以修复就只有更换新电容器。

第8节　起动装置的检查

单相分相式电动机的起动装置，主要有离心开关和多种型式的起动继电器。起动装置的失灵，将使单相电动机不能顺利起动及难以进入正常运行状态，严重时还会导致辅助绕组产生高温，甚至烧毁。故在电动机重换绕组后，同时应对离心开关或起动继电器进行必要的检查，以消除电动机的潜在故障。

一、起动装置断路故障

发生这种故障时单相电动机将无法起动。如果其起动装置是离心开关，则应检查电动机在低速时，其触点是否接触良好。检测时可用手转动电动机转轴使其旋转，同时用万用表的电阻挡测量离心开关触点的接触情况。若发现离心开关接触不良，则应将电动机的端盖拆开，详细检查离心开关的各个部件，找出故障予以修复。

如起动装置为继电器，则可将与辅助绕组串接的起动继电器的两个触点短接。然后通入电源，如电动机能正常起动，则说明是起动继电器的触点接触有问题。产生的原因可能是继电器触点烧损，或者弹簧失效以及继电器线圈断路等故障所引起的。这时应逐一检查、分析直至找出故障原因，予以解决。

二、起动装置失灵故障

出现这种故障时，辅助绕组在起动过程结束后仍不能断开电源。如要检查这种故障则可将辅助绕组与电源联接的一端拆开，仅把主绕组接入电源。与此同时用手转动电动机转轴，若电动机能达到额定转速，则说明是辅助绕组在电动机起动后未脱离电源。产生这类故障的原因可能有：

（1）离心开关或起动继电器的触点已被烧结在一起，无法脱开。

（2）起动继电器的弹簧失效，其张力减弱，无法使触点在电动机起动后断开。

（3）电动机转轴的轴向位置调整不当，将离心开关压得太紧，致使在电动机起动过程完成后，其触点仍无法断开。

对出现的这些故障应找出原因予以处理，使起动装置能够正确动作。

第 9 节　单相串励电动机换向装置的检查

单相串励电动机的换向装置包括换向器、电刷、刷盒和刷架。单相串励电动机运行的可靠性在很大程度上取决于换向装置的整体质量，其性能的优劣对整个电动机有很大的影响。因此，大修和重换绕组后的单相串励电动机应对这部分装置做认真、仔细的检查。

一、换向器的检查

首先可从外观进行检查，正常的换向器表面不得有凹凸不平、局部变形和偏圆等现象，而应平滑光洁、整体圆正。还应仔细检查换向器表面是否有划伤、烧伤，以及是否有碳粉、灰尘、油垢等杂物充填在云母槽里，或粘附在换向器表面上。如有上述情况存在，则应认真清除整理，否则将使电刷与换向器因接触不良而产生大的火花，以致造成严重后果。

二、电刷的检查

单相串励电动机电刷尺寸的大小应合适，尺寸过小则电刷会在刷盒中晃动，而尺寸太大又会被刷盒卡住使电刷不能上下自由移动。以上两种情况均会造成电刷与换向器接触不良，运行时就会产生大的火花，严重时甚至不能正常运行。电刷如因磨短、残缺、引线铜丝辫松动、断丝，或由于电刷的不均磨损造成电刷与换向器表面不能全面吻合等缺陷，都会造成电刷与换向器的接触不良。这时就应视电刷的缺损程度，予以调整、修复或更换。

三、电刷盒、架的检查

先应检查电刷盒上的弹簧是否失效，压力是否符合要求等。如发现弹簧压力不足或失效、断裂，则应更换相同型号的弹簧。此外，还应检查电刷盒、架是否有烧损、碎裂、接地等现象存在。一般明显的接地凭眼力就能看出。难以确定的接地故障，则可以用万用表或试灯进行检查。检查时，应将电刷从刷盒中取出，并把刷架上联接的绕组引线端拆下来，使刷盒、刷架完全与电动机的电枢绕组分开。然后将万用表旋至电阻挡（或用试灯），表笔的一端去接触刷盒、刷架，另一端则接触机壳。如果此时所测电阻极小（或试灯发亮），就表明刷盒、刷架已经接地，然后就应继续检查，直至找出故障处予以修复。

习　题

1. 单相电动机经大修或重换绕组后为什么要进行检查试验？应进行哪些必要的检查试验？

2. 试验前的外观检查应包括哪些方面？

3. 单相电动机哪些方面应作绝缘电阻测试？在室温条件下其绝缘电阻值一般为多少？

4. 绕组绝缘哪些方面应作耐压试验？进行耐压试验时应注意哪些情况？

5. 为什么电动机要作空载试验？通常小功率单相电动机的空载电流有多大？

6. 单相分相式电动机的旋转方向与什么有关？怎样才能改变其旋转方向？

7. 电容器在单相电容电动机中起什么作用？电容器主要有哪些故障？

8. 单相分相式电动机的起动装置有哪几种？起动装置失灵对电动机有何影响？

9. 单相串励电动机的换向装置包括哪些？主要应检查哪些方面？

第 10 章　各章习题解答

第 1 节　电工基础知识

1. 什么叫电？电流、电压、电阻的单位是什么？

答：根据电子学说的解释，物质是由分子组成；分子又由原子组成；原子则由质子和电子组成，这些质子和电子就是平常所说的电。质子和电子都具有一定数量的电荷。通常将质子所带的电荷称为正电荷，用“+”号表示。电子所带的电荷则称负电荷，用“-”号表示。平时看到的“电”现象，实际就是正、负电荷在一定条件下的表现。

电流的单位为安培，简称安，用字母“A”表示。电压的单位为伏特，简称伏，用字母“V”表示。电阻的单位为欧姆，简称欧，用字母“Ω”表示。

2. 什么是欧姆定律？它有何用途？

答：联系电流、电压和电阻这三者关系的称为欧姆定律。根据欧姆定律得知：电流的强弱与电压的高低成正比，而与电阻的大小成反比。因此，根据电流、电压、电阻的这一关系，就可以从两个已知数量中求另一个未知数量。所以欧姆定律就有三种表现形式：

（1）求电流：　电流 = 电压/电阻，$I = U/R$；

（2）求电压：　电压 = 电流 × 电阻，$U = IR$；

（3）求电阻：　电阻 = 电压/电流，$R = U/I$。

3. 什么叫电功率？它的单位是什么？

答：电压在单位时间内所做的功就叫做电功率。电功率的单位称为瓦特，简称瓦，用字母 W 表示。实用中瓦特这个单位常感太小，所以常用千瓦（kW）来作为电功率的单位。

4. 什么是磁？它有哪些类型？

答：能够吸引铁屑或铁块的物体就称为磁铁，磁铁分天然磁铁和人造磁铁两大类。由于天然磁铁的磁性较弱而无多少实用价值，现在普遍使用的磁铁均为磁力强大的人造磁铁。人造磁铁则又分为永久磁铁和暂时性磁铁两种。

5. 磁铁的一般性质是什么？

答：所有磁铁均具有以下两点性质：（1）磁铁具有两极，即北极和南极；（2）磁铁还具有同性相斥、异性相吸的特性。即当北极与北极或南极与南极接近时，它们将相互排斥。而当北极与南极接近时，它们则互相吸引。

6. 什么是磁场和磁力线？它们具有哪些特性？

答：受磁铁影响的范围叫做磁场，在磁铁磁力作用下铁屑排成的线条就称为磁力线。磁铁和磁力线具有以下几点特性：（1）磁力线由磁铁北极出发而后返回南极，或进入邻近磁铁的南极；（2）在磁铁内部，磁力线则由南极走向北极；（3）磁力线具有缩短其长度的倾向，这也就是异性相吸的原因；（4）磁力线具有互相向侧面排挤的倾向，这也就是同性相斥的原因。

7. 什么叫磁通和磁通密度？它们的单位是什么？

答：通过某垂直面积 S 的磁力线数叫做磁通；穿过单位面积（与磁力线方向垂直）的磁力线数称为磁通密度（也叫做磁感应量和磁感应强度）。磁通用希腊字母 Φ 表示，其单位为韦伯。磁通密度用字母 B 表示，其单位称为特拉斯。

8．怎样用单导线右手定则来确定载流导线的磁场方向？

答：可以采用右螺旋法则来确定。方法是用右手握住导线，使大拇指伸直后所指方向为电流方向，这时其余四指弯曲后所指方向则为磁力线方向。

9．怎样用螺管线圈右手定则来确定螺管线圈的磁场方向？

答：具体方法为，将右手握住螺管线圈并伸直拇指，使其余四指符合线圈的电流方向。这时，伸直的拇指所指方向即为北极（N），另一端则为南极（S）。

10．载流导线在磁场中为什么会产生电磁力？

答：由于载流导线置于一个磁场以后，载流导线四周产生的磁场将会与原有磁场形成一个合成磁场。此时，两磁场方向相同的部分使磁通密度增加，而两磁场方向相反的部分则磁通密度将会减弱。因磁力线具有互相排挤和缩短长度的性质，所以就产生了对载流导线的电磁推动力。

11．什么是电动机左手定则？什么是发电机右手定则？

答：用左手指示电动机中磁场、载流导线、电磁作用力方向的方法称为左手定则。当平伸左手，使手掌朝着磁力线方向，用四指对着电流方向，这时平伸的拇指所指就是电磁作用力方向。用来判定发电机中磁力线方向、导线移动方向和感应电动势方向这三者关系的就称为发电机右手定则。具体方法为，将右手平伸，拇指和其余四指垂直，使磁力线垂直穿过手掌。这时，拇指的指向是导线运动方向，其余四指的指向则为感应电动势方向。

12．单相交变电动势是怎样产生的？交变电动势的大小受哪些因素的影响？

答：单相交流电动势是用一根直导线在均匀磁场中作等速旋转而产生的。交变电动势的大小主要受磁场的磁感应量、导线在磁场中的长度、导线切割磁力线的速度和角度的影响。

13．什么是交变电流的频率？频率与转速有何关系？

答：在单位时间（1 秒）内，交变电流变动的周数就叫做交变电流的频率，常用字母 f 来表示，其单位为 r/min，即指每秒钟变动一周。也叫赫芝（简称赫），用字母 Hz 表示。我国供电标准频率为 50Hz。在实用中都以每分钟转数来表示各种机械设备的转速，故频率与转速的关系为：$f = p \times n/60$，这里的 f 为频率；p 为电机磁极对数；60 指 1 分钟 60 秒。

14．什么叫做正弦波和旋转向量？

答：我们知道交变电动势和交变电流都是用一根水平方向的直线表示时间，再由这根线上引出垂直线的高度来表示电压或电流的瞬时值。按这一方法把交流电在一周内的变化表示出来就称为正弦波，实际上正弦波电压或电流的变化，是连续起伏的波动，它没有起点或终点。旋转向量是正弦波的另一种表示方法，其向量的长度表示正弦波电压或电流的最大值。旋转向量与水平线的夹角表示相角。规定反时针旋转方向为相角的正方向，顺时针旋转方向为负方向，大于 180°的相角可改用较小的负值相角来替代。向量旋转的速度称为正弦波的角速度，旋转向量在各个不同位置上对水平线间的高度，即表示正弦波的瞬时值。

15．什么是三相正弦交流电？

答：三相正弦交流电是相位互差 120°电角度的三个单相正弦交流电。

第2节　单相电动机的工作原理、结构与类型

1. 是什么原因使处于图2－1马蹄形磁铁中的短路转子旋转起来的？

答：这是因为当磁铁转起来后，旋转磁场的磁力线就会切割转子的短路绕组，并在短路绕组产生感应电动势和短路电流，这个短路电流与气隙磁场相互作用就产生了电磁转矩，从而使短路转子也随着磁铁转动起来了。

2. 为什么单相绕组产生的合成转矩会等于零（即无起动转矩）？

答：因为单相绕组产生的是一个脉振磁场，而这个脉振磁场可以看成是两个磁感应强度幅值相等、转向相反的旋转磁场。当这两个旋转磁场作用于电动机转子时，转子绕组中感应产生的电动势和电流也将大小相等而方向相反。显然，随着产生的两个电磁转矩也必然是大小相等而方向相反，故合成转矩等于零。

3. 两相旋转磁场是怎样产生的？它主要依靠哪两个条件？

答：两相旋转磁场是通过将相位上相差90°电角度的两个电流，通过在空间上也相差90°电角度的两相绕组（即主绕组、辅助绕组）而产生的。它主要依靠相位上相差90°电角度的电流，以及在空间布置上相差90°电角度的绕组这两个条件。

4. 单相同步电动机是如何工作的？它有哪几种结构型式？

答：单相同步电动机有永磁式、反应式和磁滞式三种类型，因制成这些单相同步电动机转子的磁性材料有很大的差别，故其工作原理也就不尽相同。永磁单相同步电动机是依靠定子旋转磁场，与永磁转子磁场的相互作用而工作的；磁滞式单相同步电动机是利用转子磁场滞后作用产生转矩而工作的电动机；反应式单相同步电动机则是依靠定子磁场的反应，去磁化用无磁性导磁材料制作的转子而工作。同时还因其转子的交轴和直轴磁阻不等，从而产生磁阻转矩去驱动转子旋转，故也称为磁阻式单相同步电动机。各类型单相同步电动机的定子结构均基本相同，其结构的不同之处在于转子。根据转子结构的不同，单相同步电动机的结构型式主要可分为永磁式、反应式（也称磁阻式）和磁滞式三种。

5. 单相电动机主要由哪几部分组成？有哪几种起动装置？

答：单相电动机主要由定子、转子、端盖、起动装置四大部分组成。单相电动机的起动装置种类很多，但主要可分离心开关和起动继电器两大类。

6. 单相异步电动机有哪几种类型？

答：单相异步电动机主要有：电阻分相起动；电容分相起动；电容分相运转；电容分相起动与运转和罩极式等几种类型。

7. 单相异步电动机、单相同步电动机、单相串励电动机，它们与同步转速有何关系？

答：单相异步电动机略低于同步转速运行；单相同步电动机按照同步转速运行；单相串励电动机则以远高于同步转速的速度运行。

8. 电动机的铭牌数据有何实用意义？

答：单相电动机的铭牌给使用者提供了该台电动机简略而准确的重要数据，它是使用者认识和正确使用、维修电动机的基本依据。

第 3 节　单相电动机的起动、应用及选择

1．单相罩极式电动机有哪两种型式？它们分别采用什么绕组？

答：主要有凸极式和隐极式两种。凸极式的单相罩极式电动机，在其突出的磁极铁心上装置的是集中式磁极线圈，在每个磁极极掌小槽内嵌放有一个短路铜环式的罩极线圈。隐极式的单相罩极式电动机，其定子铁心为齿槽式结构。在这些定子铁心槽内除嵌放有分布式主绕组外，还同时嵌有几匝用粗铜线绕成并自行短接的罩极绕组。

2．简述单相罩极式电动机的工作原理及结构？

答：单相罩极式电动机是利用其磁极铁心上主绕组和罩极绕组，在空间位置和时间先后形成的相位差，使电机气隙中构成脉动变化的一个近似的旋转磁场。这个旋转磁场切割转子后，就在转子绕组中产生感应电动势和感应电流。载有感应电流的转子绕组与定子旋转磁场相互作用后，转子获得起动转矩，从而使转子由磁极未罩部分向被罩部分的方向旋转起来。单相罩极式电动机的结构比较简单，它主要分为定子和转子两大部分，定、转子铁心均由硅钢片冲制叠压而成。其转子绕组均采用笼型结构，即在转子铁心槽中用铝铸式笼型短路绕组。定子则有凸极式和隐极式两种形式，容量较小的罩极电动机多采用凸极式定子。这种定子在其突出的磁极铁心上装置有集中式磁极线圈。每个磁极铁心的极掌上面开有一条小槽，在小槽内嵌放有一个短路铜环式的罩极线圈。功率较大的单相罩极式电动机中，常采用隐极式（齿槽式）定子结构。在这种定子铁心中它的绕组为分布式绕组，在部分线槽内除嵌有主绕组外，还同时嵌入有几匝罩极线圈。

3．单相电阻分相起动电动机的定子绕组有何特点？它们是怎样工作的？

答：单相电阻分相起动电动机的两套定子绕组，一套为运行用的主绕组，通常选用较粗的导线绕成，它占定子总槽数的 2/3。另一套为起动用的辅助绕组，多用较细的导线绕成，辅助绕组则占定子总槽数的 1/3。单相电阻分相起动电动机依靠主、辅两套绕组在空间布置上相差 90°电角度，以及起动时流经主、辅绕组内电流在时间上的相位差而建立起一个两相旋转磁场，这个旋转磁场与转子相互作用而产生转矩。

4．单相电阻分相起动电动机有哪些特点和用途？

答：单相电阻分相起动电动机具有构造简单、价格低廉、故障率低和使用方便的特点。它适用于低惯量负载、不经常起动、负载可变而速度要求基本不变的场合。例如小型车床、鼓风机、电冰箱压缩机、医疗器械等的拖动。

5．单相电容式电动机有哪几种型式？其性能怎样？

答：单相电容式电动机分为三种型式，即：电容起动式；电容运转式；电容起动与运转式。单相电容式电动机具有较好的起动性能、较高的功率因数、效率和过载能力。

6．单相电容式电动机有何特点和用途？

答：单相电容式电动机具有体积小、重量轻、运行平稳、振动和噪声小、起动转矩大、可反转和调速等特点。因而被广泛用于小型机床、水泵、家用电器和医疗器械中。

7．怎样选择电动机的起动电容器和运转电容器？

答：由于起动电容器只用在电动机的起动过程中，它只在极短的几秒钟起动时间内才工作，故可采用电容量较大、价格较便宜的电解电容器作为起动电容器。因运转电容器要长期

在电路上工作，就应采用质量可靠的纸介电容器和油浸纸介电容器。

8．单相同步电动机有哪几种起动与运行方式？

答：单相同步电动机的定子结构与异步电动机基本相同，其作用也是产生一个旋转磁场，它们的差异仅存在于转子结构上。故其起动和运行方式与单相异步电动机也是相同的，单相同步电动机的起动和运行方式主要有，电容分相起动式；电容分相运转式；电容起动与运转式三种。

9．怎样合理选择和正确使用单相电动机？

答：所谓合理选择就是指应按照单相电动机所拖动的负载机械的特定运行条件，去选定能满足其全部要求的最经济的电动机。正确使用则是指应根据单相电动机的使用、维护要求，及其运行特性去进行安装、使用和维护单相电动机。

第4节　单相电动机的绕组及其联接

1．单相电动机的定子上有几套绕组？它们各有什么作用？

答：单相电动机定子铁心上通常均安置有2～3套绕组（罩极式和串励式单相电动机除外）。其中1套为运行用的主绕组；另1套为起动用的辅助绕组；在采用绕组抽头调速的单相电动机中，则还附加有1套调速绕组。单相电动机定子上的主、辅两套绕组是共同用来在定、转子气隙中建立起一个两相旋转磁场的。

2．单相电动机定子绕组有哪些类型？什么是机械角度和电角度？它们有何关系？

答：单相电动机的定子绕组主要分为集中式绕组和分布式绕组两大类。分布式绕组常用的绕组型式则有单层绕组；双层绕组；单、双层混合绕组和正弦绕组等。机械角度是指电动机定、转子铁心这个圆形几何体的角度。电角度则是正弦交流电正、负值沿时间轴线变化位置的角度。由于单相电动机定、转子圆形铁心均具有不变的360°机械角度，而当单相正弦交流电正、负变化一周或电流经过磁场N～S一对磁极，它们都具有360°电角度。因此，电动机为一对磁极时其电角度和空间机械角度是相等的。当在电动机定子铁心上均匀分布着两对磁极时，电流经过一对磁极线圈后即完成了正、负一周的变化，也就是360°电角度。但这时空间机械角度却只有180°，待电流经过两对磁极线圈后，其空间机械角度才会转过360°。此时从电的方面却已完成了两周的变化，其转过的电角度就应该是：

$$\alpha = 360^\circ \times 2 = 720^\circ$$

因此，当电动机有 p 对磁极时，其空间机械角度虽然仍为360°，而对应的电角度则将是：

$$\alpha = 360^\circ \times p$$

3．什么是极距 τ 和节距 Y？什么是极相组和相绕组？

答：极距是指两个相邻磁极轴线之间的距离，节距则指单个线圈元件两条有效边之间所占的槽数。极相组是指形成同一个磁极的由一个线圈、或若干个线圈串联而成的线圈组，相绕组则是指按规定接法联接而成的绕组。在单相电动机中常见的有主、辅两套绕组，利用绕组抽头调速的单相电动机则另外增加一套调速绕组。

4．单相罩极式电动机的定子绕组有哪两种型式？罩极线圈有何作用？有几种型式？

答：单相罩极式电动机的定子绕组分为集中式绕组和分布式绕组两种型式。罩极线圈用

来产生一个滞后主绕组的磁场，以形成一个与主绕组有一定相位差的旋转磁场，从而产生起动转矩使电动机运转。罩极线圈有短路铜环和分布线圈两种型式。

5. 为什么单相单层绕组中的主绕组要分布在定子铁心 2/3 的槽中，而辅助绕组只分布在 1/3 的槽中？

答：因为单相单层绕组按定子总槽数 2/3 分布主绕组时，可自动消除主绕组内有害的三次谐波。同时还可大幅度提高其绕组分布系数，从而可节省近 20% 的电磁线用量。由于辅助绕组在电动机起动过程结束后将脱离电源电路被闲置起来，故利用这空余的 1/3 槽数来安置辅助绕组是极为合适的。

6. 为什么单相电容运转式电动机的主、辅绕组可以按 1:1 的比例分布？

答：这是因为单相电容运转式电动机的辅助绕组在电动机起动后并不脱离电源，而是与主绕组一样要长期工作，为提高绕组的整体效率，故可作 1:1 比例的安排。

7. 短节距单层叠绕组有何优点？分组同心式绕组有哪些优点？

答：短节距单层叠绕组由于缩短了绕组的端接部分，因而节省了铜线和提高了电动机电气性能。分组同心式绕组也是因为缩短了绕组端部，从而改善了老式同心绕组因端部长而耗料，并使绕组的电阻和漏抗增大，导致电动机性能变差的许多缺点。

8. 单层交叉式绕组有何优点？双层叠绕组有哪些优点？

答：单层交叉式绕组具有端部较短的优点，因而它还有用料省成本低、铜损小性能好的特点。双层叠绕组可以在极距范围内任意选取节距，不过为消除磁场中三次谐波的不利影响，单相双层绕组均采用缩短 1/3 节距的短节距绕组。这样就使电动机获得了较好电气性能。

9. 正弦绕组有何优点？它是按什么规律分布的？

答：正弦绕组是一种高精度的特殊绕组，它能消除三次谐波和有效地削弱 5、7 次谐波，使气隙磁通的分布尽可能接近正弦形。从而降低杂散损耗、提高效率、改善起动性能、保证单相电动机具有优良的运行特性。它是按照正弦变化分布绕组的。

10. 什么是显极接法？它有何特点？

答：显极接法就是使每相内各极相组交替产生 N 极与 S 极磁场极性的接法，也就是通常所说的“头与头相接，尾与尾相连”的接法。采用这种接法时，电动机的极数将明显地等于该相绕组所包含的极相组数。显极接法的特点是其极相组的联接为 N 极 S 极交替相间，发生错误接线时极易检查。

11. 什么是庶极接法？它有何特点？

答：庶极接法是使每相内各极相组均产生相同磁场极性的接法，也就是将极相组间按照“头与尾”串接起来的接法。采用庶极接法时，电动机的实际极数将等于该相绕组所包含极相组数的一倍。庶极接法的特点就是相绕组内各极相组的联接为，“头与尾相接，尾与头相连”。

12. 显极接法与庶极接法的区别是什么？

答：显极接法与庶极接法的区别主要有：显极接法时电动机的极数等于每相内的极相组数，而庶极接法每相内的极相组数却只有电动机极数的 1/2；再有就是显极接法时的联接为“头与头相接，尾与尾相连”，而庶极接法则为“头与尾相接，尾与头相连”。

13. 集中式绕组为什么要采用显极接法？

答：这是由于集中式绕组所依据的凸出磁极铁心，无法形成庶极接法时增加一倍数量的磁极。所以，集中式绕组就只能用显极接法。

14．对空调器、电冰箱用压缩机电动机有哪些特殊要求？

答：这类电动机应能耐腐蚀、耐振动、耐冲击和耐热性能好；要求起动转矩大，起动性能好；效率和功率因数均要高。

15．怎样使三相电动机运行于单相电源？

答：可以将三相电动机定子绕组中的任意两相绕组串接起来作为主绕组，在另一相绕组中串接适当的电容、电感或电阻后作为辅助绕组。将这样改接后的主、辅绕组并接至同一单相电源上，它就会像一台正规单相电动机一样正常的运行起来。

16．三相电动机运行单相电源有哪几种联接方法？怎样使其反转？

答：三相电动机运行于单相电源主要有：电感、电容移相Y形联接；电感、电容移相△形联接；以及拉开Y形联接；拉开△形联接。如要使电动机反转，则只须将改接后作为主绕组的线端 U_1、U_2 对调即可。或者将改接后作为辅助绕组的两根线端对换，均能使电动机反转。

第5节　单相电动机的调速与反转

1．单相电动机有哪几种调速方法？它们是怎样进行调速的？

答：单相电动机常用的调速方法主要有以下几种，即：变极调速法；电抗器调速法；自耦变压器调速法；绕组抽头调速法；以及其它一些调速法。在这些调速方法中，除变极调速是通过绕组显、庶极接法的变换来进行调速外，其它各种方法都是利用单相电动机在负载转矩不变的情况下，调节定子绕组电压即可得到不同转速的特性，通过降低绕组电压来实现调速的。或者是调节电源频率的变频法进行调速，还有通过电动机绕组的抽头来调速。

2．为什么改变绕组的极对数就能改变电动机的转速？

答：单相电动机同步转速公式 $\frac{60f_1}{p}$ 中的 p 即为极对数。从中我们可以看出极对数 p 愈大，则电动机转速愈低。反之，极对数 p 愈小，电动机的转速就将愈高。

3．自耦变压器调速有哪几种接法？它具有哪些特点？

答：自耦变压器调速主要有以下三种接线方法，即：主绕组降压调速法；主、辅绕组同电压降压调速法；主、辅绕组异电压降压调速法。自耦变压器调速法的起动性能较好，耗电也不很大，而且使用简便、工作可靠。其缺点是自耦变压器增加了整体成本。

4．什么是绕组抽头调速？这种调速方法有何特点？

答：采用绕组抽头调速的单相电动机，在其定子上除嵌放有主绕组和辅助绕组外，还加嵌有一套调速绕组。调速绕组与主绕组或辅助绕组同嵌一槽中，其作用和效果均没有差别。通过改变调速绕组抽头的方法以改变主绕组的电压降和磁场强度，从而实现电动机的调速。

5．绕组抽头调速有哪几种接法？它们各有何特点？

答：绕组抽头调速主要有以下几种接法，即：L－1型接法；L－2型接法；T型接法：H型接法。这几种接法各有优劣、异同，其主要性能对比如下：

(1) 调速性能　以L型接法最差。T型接法变速效果比较好，但在低速时主、辅绕组

之和的大电流通过调速绕组，将使其温升增加。

（2）起动性能　L型接法的低速起动性能较差，H型接法的低速起动性能则比较好，T型接法的性能则介于上述两种接法之间。

（3）电容器的耐压值　T型和H型接法其电容器的电压降比L型接法电容器的电压降要低。其中又以H型接法电容器的电压降最低。通常L型接法时电容器耐压值至少应选400V以上，而H型接法的电容器耐压值只需200V就够了。电容器耐压值的高低对其价格有较大的影响。

6．什么是绕组串并联接法？采用这种绕组调速的风扇为什么叫节能风扇？

答：这种接法是通过主绕组和调速绕组串并联接法的改换来进行调速的，在调速过程中辅助绕组的接法始终不变。由于该调速接法具有调速范围广、低速时起动转矩大、电动机效率高，并且还省去了一只电抗器，故将采用这种调速方法的电风扇称为节能风扇。

7．单相分相式和电容式电动机怎样才能反转？为什么？

答：单相分相式和电容式电动机的反转，只需将辅助绕组或主绕组的两根线端互换以后即可。这是因为，当辅助绕组中的电流超前主绕组中的电流时，电动机作正向旋转。将辅助绕组两根线端对换后，其电流方向作了180°的改变，从而使主绕组电流超前于辅助绕组电流，电动机则作反向旋转。

8．单相罩极式电动机怎样才能反转？为什么？

答：采用凸极式磁极的单相罩极式电动机的反转，只有电动机整个定子调头后再重装才能达到。这是因为其主绕组和罩极的位置是固定的，通过定子的调头重装，使主绕组与罩极绕组的相对位置改变了，因而电动机旋转方向得到反转。

9．单相罩极式电动机有哪几种反转的方法？

答：单相罩极电动机的反转有以下几种方法。即：定子调头装配反转法；分布式双罩极绕组反转法；双主绕组反转法。

第6节　单相电动机绕组与起动装置的故障与检修

1．单相电动机定子绕组的常见故障有哪些？产生这些故障的原因是什么？

答：单相电动机定子绕组的常见故障主要有，绕组绝缘受潮、绕组通地、绕组短路和绕组绝缘老化；绕组断路或绝缘受潮击穿、操作使用不当等，均可使绕组损坏而发生故障。

2．简述关于绕组受潮、通地、短路、断路、接错故障的检查？

答：绕组受潮可以用500V兆欧表检测其绝缘电阻值，主、辅、调绕组对机壳的绝缘状况均要检测。所测绝缘电阻值若小于0.5MΩ时，即说明绕组绝缘受潮严重。绕组通地故障可采用兆欧表、220V试灯、高压试验台等多种方法检试。绕组短路故障可以用电桥表、短路侦察器、空载运转等进行检试。绕组断路可以采用万用表或220V试灯检查。绕组接错故障可通过外观检查和指南针法检查的方法进行查找。

3．简述怎样修理绕组的受潮、通地、短路、断路、接错故障？

答：绕组绝缘受潮故障可采用灯泡、电炉、电吹风和烘箱进行加热烘干，驱除潮湿。对于使用日久绕组绝缘老化的电动机，则可在烘干后浸漆处理一次，以提高其绝缘能力。绕组通地、短路故障则应视故障点是在槽外还是槽内，以及整体绝缘尚好还是严重老化，再决定

是用同等材料局部修复，还是全部拆掉更换新绕组。绕组断路故障可在找出故障点后重新进行焊接和绝缘，如故障发生在槽内则可把绕组加热，然后将断路线圈从上层槽中拆出、剪断、一根根抽出。重垫绝缘后用穿绕法修复该断路线圈。绕组接错故障的修理就比较简单，只须在找出接错故障处之后，按照规定的正确接法予以更正即可。

4．笼型转子绕组产生断条的原因是什么？怎样检查和修理断条故障？

答：笼型转子绕组的断条故障，多因材料质量或制造工艺差、结构设计差、或起动频繁操作不当、急促的正反转造成剧烈冲击等原因而造成。对笼型转子断条故障通常采用以下几种方法检查，即：外观检查法；铁粉检查法；短路侦察器法；更换转子试验法。笼型转子绕组断条故障可采取局部气焊修补；单根导条更换；全部更换笼型绕组等方法修理。

5．单相电动机的起动装置有哪两大类？对起动装置的基本要求是什么？

答：单相电动机的起动装置主要分为机械式和电气式两大类。要求起动装置在单相电动机接入电源后，当转速达到额定转速 75％～80％时，能迅速将辅助绕组从电源自动切除。

6．离心开关主要有哪些故障？起动继电器有哪些常见故障？

答：由于机械结构件的磨损、变形、动静触头烧熔粘结、簧片式离心开关的簧片过热失效、弹簧过硬、甩臂式开关的铜环极间绝缘击穿等原因，均有可能使离心开关触头不能断开辅助绕组与电源的联接，造成离心开关的短路。或因触头簧片过热失效、触头烧坏脱落、弹簧无足够张力使触头闭合、机械的机构卡死、动静触头接触不良、接线螺丝松动或线端脱开等原因，使离心开关在单相电动机起动时其触点不能闭合，造成离心开关的断路。起动继电器的常见故障主要有：继电器工作失灵；继电器触头烧坏；继电器线圈故障。

7．单相电动机用电容器有哪些类型？各有何特点？

答：单相电动机用电容器主要有：纸介电容器；油浸纸介电容器和电解电容器三种。纸介电容器以电容器纸作介质，具有较好的绝缘能力；油浸纸介电容器是以油浸电容器纸为介质，并予以充油封装，因而这种电容器绝缘性能非常好，经久耐用质量可靠；电解电容器是以附在金属箔上的氧化层作为介质，其绝缘性能稍差，在交流电路中使用时，其通电时间必须在几秒钟以内，且重复使用次数不可太频繁，否则极易损坏。

8．电容器常见故障有哪些？应采用什么方法进行检查？

答：电容器常见故障主要有：过电压击穿；电容量消失；电容器断路等。对电容器上述故障均可采用电压－电流表法和万用表检测。

第 7 节　单相串励电动机绕组及其修理

1．简述单相串励电动机的基本工作原理？

答：从前面的叙述中我们已经知道，载流导线在磁场中，会因受到磁力线的作用而产生移动。单相串励电动机就是依据这一原理工作的。当单相交流电源进入励磁绕组与电枢绕组串联的单相串励电动机后，励磁绕组产生的主磁通与电枢中载流导线相互作用的结果，电动机转子就会转动起来，其旋转方向可用电动机左手定则予以确定。这就是单相串励电动机的基本工作原理。

2．单相串励电动机的旋转方向是由什么决定的？怎样才能改变电动机的旋转方向？

答：单相串励电动机的旋转方向是由定子主磁通方向和电枢电流方向共同决定的。如要

改变旋转方向，则必须改变产生主磁通的定子绕组内电流方向，或者是改变电枢绕组内电流方向才能实现。

3．单相串励电动机的转速是由哪些参数决定的？其转速一般为多少？

答：单相串励电动机的转速是由定子主磁通和电枢导体数决定的。其转速一般在每分钟400～10000转。

4．单相串励电动机的定子铁心采用哪种结构型式？其磁极铁心上嵌置有哪几种绕组？

答：单相串励电动机的定子铁心采用凸极式。其磁极铁心上装有励磁绕组，功率大于几百瓦的单相串励电动机还另装有换向绕组和补偿绕组。

5．单相串励电动机的电枢铁心有哪两种叠装形式？换向器的作用是什么？

答：电枢铁心有直槽式和斜槽式两种叠装形式。单相串励电动机换向器的作用为，经换向器将电枢绕组的单个线圈联成一个闭合的整体绕组；经电刷和刷架的配合将电源导入电枢绕组内。

6．盒式刷握与管式刷握各有何特点？应根据哪些因素来选择电刷？

答：盒式刷握具有结构简单、加工容易和调节方便的优点。缺点是刚性差、变形大、不适应转速高、振动大的单相串励电动机。管式刷握则具有可靠耐用的优点，它恰好弥补了盒式结构的不足之处。电刷的选择主要应根据电刷的温升和换向器圆周速度而定。

7．单相串励电动机的电枢绕组有哪两种联接？为什么单叠绕组要根据槽中心线顺电枢旋转方向偏移1～3个换向片进行联接？

答：单相串励电动机电枢绕组有叠绕组和波绕组两种接法。单叠绕组根据槽中心线顺电枢旋转方向偏移1～3个换向片，是为了移至负载时的无火花换向区，以尽量减小换向器上的火花。

8．试画出一台4极单相串励电动机定子励磁绕组原理接线图？

答：见图10－1的4极定子绕组原理接线图。

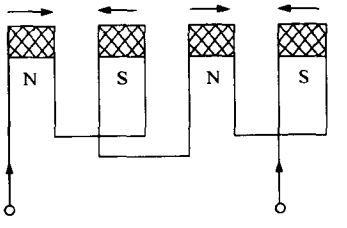


图10－1　4极定子绕组原理接线图

9．单相串励电动机有哪两种整机联接法？试画出这两种接法的原理接线图？

答：单相串励电动机的整机联接有，励磁绕组分开串接在电枢两端和励磁绕组集中串接在电枢一端的两种接法。

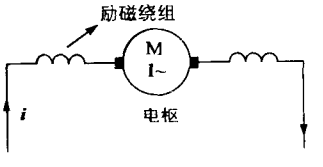


图10－2　励磁绕组串接在电枢两端的接法

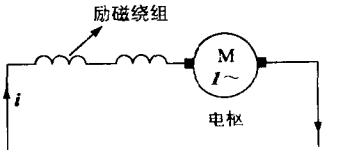


图10－3　励磁绕组串接在电枢一端的接法

10．单相串励电动机在什么条件下可直接用于直流电源？在什么情况下则要增加励磁绕组匝数后才能用于直流电源？

答：当单相串励电动机的转速达到每分钟1万转以上时，就无须采取特殊措施即可从交流电源直接去用于直流电源。在单相串励电动机的转速比较低时，就必须增加励磁绕组匝数

后才能用于直流电源。

11．单相串励电动机为什么会造成对无线电的干扰？有哪几种常用的防干扰电路？

答：单相串励电动机工作时，它会产生高频电能，该高频电能通过电动机的电源线或者通过辐射，从而引起对无线电的干扰。常用的防干扰电路主要有：电容器双端滤波电路；电容器单端滤波电路和电感－电容滤波电路二种。

12．电枢绕组的通地故障常发生在哪些部位？有哪些检查方法？怎样进行修理？

答：电枢绕组的通地故障多发生在铁心两端的槽口、绝缘被毛刺或金属杂物损伤的槽中，以及易受潮气、污物侵害的换向器等薄弱的地方。电枢绕组的通地故障可采取外观检查；试灯或仪表检查；短路侦察器检查。电枢绕组通地故障的修理应视具体情况而定，如通地故障发生在槽口、端部等绕组的外部位置时，可用理线板将线圈与铁心碰触处小心撬开，再用新的同级绝缘材料插入绝缘破损处予以修补即可。

13．电枢绕组产生短路故障的原因有哪些？有哪些检查方法？

答：电枢绕组产生短路故障的主要原因有，电动机长时期超负载运行；碳粉、铜屑等杂物造成换向器片间短路；以及电枢绕组内线圈组间的高电压和换向器等每分钟万次以上换向而感生的极高电势等。电枢绕组的短路故障可通过外观检查；短路侦察器检查；电阻表检查等方法检查。

14．电枢绕组的断路故障是怎样产生的？断路故障常发生在哪些部位？有哪些检查方法？

答：电枢绕组各线圈元件线端至换向器的焊接不牢、线端拉得过紧运行时受力过大折断、长期过载严重过热而使焊锡熔化，以及因电枢绕组短路、通地等故障而将导线烧断，都有可能造成电枢绕组的断路。其检查方法为外观检查，电阻表检查和短路侦察器检查。

15．什么是电枢绕组线圈元件接反？什么是线圈元件线端位置接错？

答：从前面我们知道电枢单叠绕组正确的接法应该是：相邻线圈元件间的首、尾端共接在同一块换向片上。凡不是按这样进行线圈元件联接的，均为线圈元件接反的错误。线圈元件线端位置接错是指线端接至换向片槽的位置错误。

第8节　单相电动机重换绕组的修理

1．电动机重换线圈绕组时，为什么要详细记录原始技术数据？

答：只有详尽保留电动机的原始技术数据，才可能使重绕后的电动机达到原有技术性能的水平。

2．简述拆除旧绕组的几种主要方法？采用这些方法拆除旧绕组时应注意什么？

答：拆除旧绕组主要采用冷拆法，加热法和溶剂溶解法。拆除过程中应注意不要损坏槽口，加热拆除时温度应控制在200℃以下，以免损坏硅钢片片间绝缘而导致铁心损耗增加。使用溶剂溶解法拆线时应特别注意安全，一要防止起火；二要通风良好，以免有毒气体吸入人体中毒。拆除中应保留一只形状完整的旧线圈，以作为制做绕线模的参考。

3．单相电动机分布式定子绕组的重绕工艺步骤有哪些？

答：分布式定子绕组的重绕工艺可按以下步骤进行：记录原始数据；拆除旧绕组；制作绕线模；线圈的绕制；绝缘及裁剪；绕组的嵌线；接线与焊接；绕组的试验；浸漆与烘干等

工序。

4．重换绕组时，绕制新线圈应注意哪些事项？重新嵌线应注意哪些事项？

答：绕制新线圈时，绕线模的尺寸一定要制作准确和正规，应仔细搞清楚主、辅绕组的极相组数、每极相组内的线圈数和匝数等有关数据。绕线时电磁线在线模槽内应排列整齐层次分明，全部线匝应松紧一致。嵌线时应注意仔细检查清理铁心槽，垫好槽绝缘，认真查看电动机修理原始技术数据记录，看清主、辅、调速绕组的绕组型式、节距、三套绕组的相互位置及嵌线的先后顺序等。

5．定子绕组接线前应作哪些检查？怎样进行绕组的联接？

答：定子绕组在接线前应根据原始技术数据的记录，仔细检查核对主绕组、辅助绕组、调速绕组的相互位置、接线方法、出线方向等是否都正确无误；以及检查各套绕组的线圈是否有嵌反、接错和端部绝缘垫错的错误，如发现这类错误则应立即纠正。绕组的联接应首先选好出线位置，联接可按主绕组、辅助绕组、调速绕组的顺序分别自行联接。各套绕组内则按原规定的接法进行联接。

6．为什么在绕组嵌线和接线后要求进行检查？主要有哪些检验项目？

答：在绕组嵌线和接线后进行部分项目的检验，可以提前发现重换绕组修理过程中的问题，确保电机的修理质量。检验项目主要有：外表检查；电阻测量；极性检查；短路检查；耐压试验等。

7．重换绕组后，对绕组的浸渍烘干处理主要有哪些作用？

答：重换绕组后对新绕组的浸渍烘干处理，可以提高电机绝缘的耐热、耐潮湿和导热性能，提高了绝缘的电气、机械性能以及化学稳定性。

8．单相电动机集中式定子绕组的重绕工艺步骤有哪些？

答：集中式定子绕组的重绕工艺步骤为：记录原始技术数据、拆除旧绕组、制作绕线模、绕制线圈、接线与浸渍。

9．集中式定子绕组重换绕组后要进行哪些项目的检验？

答：重换绕组后应进行：电阻测量；线圈是否通地；线圈接法是否正确等项的检验。

10．单相串励电动机电枢绕组的重绕工艺步骤有哪些？

答：电枢重换绕组的工艺步骤为：记录原始数据；拆除旧绕组；裁剪放置槽绝缘；绕制新绕组；线圈元件线端接入换向器；换向器的焊接；绕组端部捆扎；电枢绕组的试验；绕组的浸漆与烘干。

第9节　单相电动机修复后的必要试验

1．单相电动机经大修或重换绕组后为什么要进行检查试验？应进行哪些必要的检查试验？

答：单相电动机大修和重换绕组后，为确保电机的修理质量和安全可靠运行，故应进行必要的检查试验。检试内容主要有：外观检查；绝缘电阻测量；直流电阻测量；耐压试验；空载试验；短路试验等项目。

2．试验前的外观检查应包括哪些方面？

答：试验前的外观检查应注意：出线端标记是否正确；各绕组的联接是否正确。检查电

动机的装配质量，看各部分的紧固件是否旋紧到位，零部件装配是否正确，转子转动是否灵活，有无异常声音和碰擦现象等。单相串励电动机则还应检查其电刷位置是否正确，电刷在刷握中是否灵活和电刷与换向器的接触面是否吻合等。只有在确认外观检查情况良好后，才可以进行其它项目的试验，对通电试验项目更应如此。

3．单相电动机哪些方面应作绝缘电阻测试？在室温条件下其绝缘电阻值一般为多少？

答：绝缘电阻的测试应包括定子的各套绕组和电枢绕组与机壳间、各绕组与绕组之间，以及电刷架、接线板与机壳间等。在室温下其绝缘电阻一般均在 20MΩ 以上。

4．绕组绝缘哪些方面应作耐压试验？进行耐压试验时应注意哪些情况？

答：绕组绝缘的耐压试验包括：各绕组对机壳及主、辅绕组间的绝缘强度试验，以及电刷架、接线板与机壳间等。进行耐压试验时，试验电压应在调压器的控制下逐渐升高，从试验电压值的 50％上升到全值的时间不得少于 10s，在全值电压处应保持 1 分钟，然后快速将电压降至试验电压值的 50％以下而结束试验。

5．为什么要对电动机作空载试验？通常小功率单相电动机的空载电流有多大？

答：电动机进行空载试验可以检查其装配质量和测量空载电流及转速。从空载电流的数值可以核查电动机的绕组接线和线圈匝数是否正确等。通常情况下功率在 1kW 以下电动机的空载电流应为其额定电流的 40％～50％。

6．单相分相式电动机的旋转方向与什么有关？怎样才能改变其旋转方向？

答：单相分相式电动机旋转方向与其主、辅绕组的相互位置有关，也就是与主、辅绕组出线端的相互联接有关。改换主、辅绕组出线端的联接即可变换电动机的旋转方向。

7．电容器在单相电容电动机中起什么作用？电容器主要有哪些故障？

答：电容器在单相电容电动机中主要起移相作用，它使主、辅绕组内电流形成 90°电角度的相位差。电容器主要有失效、短路、断路、接地等故障。

8．单相分相式电动机的起动装置有哪几种？起动装置失灵对电动机有何影响？

答：主要有离心开关和起动继电器两种。起动装置失灵将使电动机难以起动和不能顺利进入运行状态，严重的甚至将辅助绕组烧毁。

9．单相串励电动机的换向装置包括哪些？主要应检查哪些方面？

答：单相串励电动机的换向装置包括换向器、电刷、刷盒和刷架。主要应对换向器、电刷、刷盒和刷架进行检查。

第 11 章　各系列单相异步电动机技术数据

单相电动机由于品种复杂、规格繁多，以及我国电机更新换代速度的加快，致使在电机修理过程中一旦丢失原始技术数据后，再去查找有关技术数据时存在极大的困难，因而电机的修理质量也难以得到可靠保证。为此，本章汇集了单相异步电动机 20 多个常用系列，以及洗衣机、电冰箱、电风扇、电锤、电钻用单相电动机的铁心和绕组技术数据，并重点突出了电机维修中必不可少的绕组型式、线圈线径、并绕根数、匝数、节距、接法、铁心尺寸等关键技术数据，以供读者查阅。

表 11－1　JX 老系列单相电容运转异步电动机技术数据

型　号	功率(W)	电压(V)	满载时		极数	额定转速(r/min)	定子铁心			定转子槽数 z_1/z_2	气隙	主绕组			辅助绕组			电容器容量(μF)	电容器耐压(V)
			主绕组电流(A)	辅助绕组电流(A)			外径	内径	长度			线规(mm)	总串联匝数	线重(kg)	线规(mm)	总串联匝数	线重(kg)		
							(mm)				(mm)								
JX－07A－2	90	220	0.7	—	2	2850	94	48	45	18/	0.28	0.13	2400	—	0.31	2400	—	10	—
JX－07B－2	60	220	0.45	—	2	2850	94	48	36	18/	0.28	0.27	2912	—	0.27	2912	—	6	—
JX－07A－4	60	220	0.48	—	4	1400	94	48	45	18/	0.23	0.29	7520	—	0.29	7520	—	8	—
JX－07B－4	40	220	0.38	—	4	1400	94	48	36	18/	0.23	0.29	9344	—	0.29	9344	—	6	—
JX－06A－2	40	220	0.226	0.198	2	2820	84	42	45	16/10	0.25	0.27	2320	0.15	0.27	2320	0.15	2	240
JX－06B－2	25	220	0.162	0.149	2	2820	84	42	35	16/10	0.25	0.23	2980	0.128	0.23	2980	0.128	1.5	245
JX－06A－4	25	220	0.447	0.252	4	1350	84	42	45	16/10	0.25	0.23	3300	0.117	0.23	3300	0.117	2.5	265
JX－06B－4	15	220	0.225	0.1573	4	1350	84	42	35	16/10	0.25	0.20	4800	0.109	0.20	4800	0.109	1.5	275
JX－05A－2	15	220	0.197	0.159	2	2750	71	36	42	16/10	0.25	0.20	2824	0.0985	0.20	2824	0.0985	1	234
JX－05B－2	8	220	0.1052	0.0731	2	2750	71	36	30	16/10	0.25	0.15	4280	0.0676	0.15	4280	0.0676	0.75	237
JX－05A－4	8	220	0.207	0.115	4	1300	71	36	42	16/10	0.25	0.18	4560	0.096	0.18	5250	0.11	1	262
JX－05B－4	4	220	0.1492	0.1117	4	1300	71	36	30	16/10	0.25	0.16	6400	0.0806	0.16	6400	0.0908	1	262

表 11-2　JY 老系列单相电容起动异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	电压 (V)	满载电流 (A)	空载电流 (A)	极数	额定转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 总串联匝数	主绕组 线重 (kg)	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 总串联匝数	辅助绕组 线重 (kg)	电容器容量 (μF)	电容器耐压 (V)
JY-2A-4	800	110/220	6.85 6.70	4.65 4.35	4	1440	160	95	88	36/42	0.315 0.325	1.25	768	1.48	0.90	480	0.492	400	122
JY-2B-4	600	110/220	4.87 4.88	3.72 3.84	4	1440	160	95	78	36/42	0.3	1.08	928	1.27	0.83	576	0.51	400	100
JY-1A-2	600	110/220	—	—	2	2900	145	75	65	—	—	1.0	—	—	0.62	—	—	—	—
JY-1B 2	400	110/220	3.32 3.42	2.02 2.38	2	2900	145	75	48	24/30	0.35	0.93	928	1.04	0.90	744	0.72	200	115
JY-1A-4	400	110/220	3.64 3.69	2.35 2.60	4	1440	145	85	65	36/42	0.265 0.3	0.93	1200	1.04	0.64	820	0.348	200	110
JY-1B-4	250	110/220	2.90 2.80	2.45 2.40	4	1440	145	85	48	36/42	0.3	0.80	1472	0.825	0.80	744	0.355	200	114
JY-09A-2	250	110/220	2.40	1.65 1.70	2	2900	120	60	56	24/18	0.29 0.3	0.69	992	0.56	0.69	744	0.392	150	110
JY-09B-2	180	110/220	1.80 1.82	1.30 1.36	2	2900	120	60	43	24/18	0.3	0.68	1208	0.625	064	716	0.308	150	107
JY-09A-4	180	110/220	2.25 2.50	2.00 2.20	4	1440	120	71	62	24/22	0.25	0.64	1392	0.52	0.59	816	0.246	150	105

表 11-3　JZ 老系列单相电阻起动异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	电压 (V)	满载电流 (A)	空载电流 (A)	极数	额定转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 总串联匝数	主绕组 线重 (kg)	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 总串联匝数	辅助绕组 线重 (kg)	起动电流 (A)	起动转矩/额定转矩
JZ-1B-2	400	220	1.39	3.02	2	2900	145	75	48	24/30	0.35	0.90	1072	1.12	0.44	532	0.124	28	1.25
JZ-1A-4	400	220	2.25	3.45	4	1440	145	85	65	36/42	0.30	0.93	1208	1.06	0.44	592	0.12	28	1.25
JZ-1B-4	250	220	2.0	2.65	4	1440	145	85	48	36/42	0.30	0.80	1520	0.85	0.35	896	0.10	28	1.25
JZ-09A-2	250	220	1.4	2.27	2	2900	120	60	56	24/18	0.30	0.69	1100	0.62	0.38	638	0.11	19	1.25
JZ-09B-2	180	220	1.3	1.81	2	2900	120	60	48	24/18	0.30	0.68	1208	0.628	0.31	792	0.08	14	1.4
JZ-09A-4	180	220	1.52	2.07	4	1440	120	71	62	24/22	0.25	0.64	1488	0.556	0.33	976	0.0922	14	1.4
JZ-09B-4	120	220	1.25	1.55	4	1440	120	71	48	24/22	0.25	0.55	1900	0.462	0.31	920	0.0675	12	1.5
JZ-08A-2	120	220	0.785	1.20	2	2820	102	58	60	24/18	0.25	0.55	1360	0.444	0.33	700	0.087	12	1.6
JZ-08B-2	90	220	0.555	0.93	2	2920	102	58	46	24/18	0.25	0.51	1765	0.45	0.31	724	0.086	9	1.6
JZ-08A-4	90	220	1.05	1.3	4	1400	102	58	60	24/22	0.25	0.51	2000	0.428	0.27	1072	0.0617	9	1.6
JZ-08B-4	60	220	0.76	0.92	4	1400	102	58	46	24/22	0.25	0.44	2688	0.376	0.27	1192	0.0595	7	1.6

表 11－4　JX 新系列单相电容运转异步电动机技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组线规 (mm)	辅助绕组线规 (mm)	电容器容量 (μF)	电容器耐压 (V)
JX－5622	120	220	1.2	2	90	48	48	24/18	0.25	0.44	0.27	4	630
JX－5612	90	220	1.0	2	90	48	40	24/18	0.25	0.38	0.25	4	630
JX－5624	90	220	1.0	4	90	52	48	24/22	0.2	0.31	0.29	4	630
JX－5614	60	220	0.8	4	90	52	40	24/22	0.2	0.29	0.27	4	630
JX－5022	60	220	0.6	2	80	42	50	12/15	0.2	0.33	0.21	2	630
JX－5012	40	220	0.5	2	80	42	50	12/15	0.2	0.33	0.21	2	630
JX－5624	40	220	0.6	4	80	42	50	12/15	0.2	0.33	0.21	2	630
JX－5014	25	220	0.5	4	80	42	50	12/15	0.2	0.31	0.21	2	630
JX－4522	25	220	0.4	2	71	38	45	12/15	0.2	0.25	0.21	2	630
JX－4512	15	220	0.25	2	71	38	45	12/15	0.2	0.23	0.19	1	630
JX－4524	15	200	0.35	4	71	38	45	12/15	0.2	0.21	0.17	1	630
JX－4514	8	220	0.25	4	71	38	45	12/15	0.2	0.2	0.16	1	630

表 11－5　JY 新系列单相电容起动异步电动机技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组线规 (mm)	辅助绕组线规 (mm)	电容器容量 (μF)	电容器耐压 (V)
JY－7132	550	220	5	2	120	62	80	24/18	0.25	0.86	0.53	100	220
JY－7112	250	220	2.5	2	120	62	48	24/18	0.25	0.62	0.47	100	220
JY－7124	250	220	3.5	4	120	71	62	24/22	0.2	0.72	0.47	100	220
JY－7114	180	220	2.5	4	120	71	48	24/22	0.2	0.64	0.41	100	220
JY－7134	370	220	5	4	120	71	80	24/22	0.2	0.83	0.49	100	220

表 11－6　JZ 新系列单相电阻起动异步电动机技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	转子外径 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组线规 (mm)	辅助绕组线规 (mm)
JZ－7122	370	220	4	2	120	62	62	61.5	24/18	0.25	0.72	0.44
JZ－7112	250	220	3	2	120	62	48	61.5	24/18	0.25	0.62	0.38
JZ－7134	370	220	4.5	4	120	71	80	70.6	24/22	0.2	0.83	0.44
JZ－7124	250	220	3.5	4	120	71	62	70.6	24/22	0.2	0.72	0.41
JZ－7114	180	220	2.5	4	120	71	48	70.6	24/22	0.2	0.64	0.38
JZ－6322	180	220	2	2	102	52	56	51.5	24/18	0.25	0.59	0.38
JZ－6312	120	220	2	2	102	52	48	51.5	24/18	0.25	0.53	0.35
JZ－6324	120	220	2	4	102	58	56	57.6	24/22	0.2	0.57	0.33
JZ－6314	90	220	2	4	102	58	48	57.6	24/22	0.2	0.53	0.31
JZ－5622	90	220	1.2	2	90	48	48	47.5	24/18	0.25	0.47	0.35
JZ－5612	60	220	1	2	90	48	40	47.5	24/18	0.25	0.41	0.31
JZ－5624	60	220	1.5	4	90	52	48	51.6	24/22	0.2	0.41	0.29
JZ－5614	40	220	1	4	90	52	40	51.6	24/22	0.2	0.38	0.27

表 11－7　BO 系列单相电阻起动异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 每极匝数	备注
BO－5612	60	220	1.01	2	2800	90	48	40	24/18	0.25	1－φ0.41	560	1－φ0.31	229	
BO－5622	90	220	1.19	2	2800	90	48	48	24/18	0.25	1－φ0.47	473	1－φ0.35	179	
BO－5614	40	220	1.05	4	1400	90	52	40	24/22	0.20	1－φ0.38	374	1－φ0.27	150	
BO－5624	60	220	1.19	4	1400	90	52	48	24/22	0.20	1－φ0.41	321	1－φ0.29	127	
BO－6312	120	220	1.43	2	2800	102	52	48	24/18	0.25	1－φ0.53	406	1－φ0.35	203	
BO－6322	180	220	1.95	2	2800	102	52	56	24/18	0.25	1－φ0.59	352	1－φ0.38	174	
BO－6332	250	220	2.5	2	2800	102	54	62	24/18	0.25	1－φ0.62	247	1－φ0.44	127	反串 160 匝
BO－6314	90	220	1.6	4	1400	102	58	48	24/22	0.20	1－φ0.53	288	1－φ0.31	128	
BO－6324	120	220	1.85	4	1400	102	58	56	24/22	0.20	1－φ0.57	248	1－φ0.33	109	反串 208 匝
BO－6334	180	220	2.6	4	1400	102	60	68	24/22	0.25	1－φ0.62	180	1－φ0.41	86	
BO－7102	250	220	2.5	2	2800	120	62	48	24/18	0.25	1－φ0.62	260	1－φ0.38	159	
BO－7112	370	220	3.5	2	2800	120	62	62	24/18	0.25	1－φ0.72	212	1－φ0.44	124	
BO－7104	180	220	2.44	4	1400	120	71	48	24/22	0.20	1－φ0.64	209	1－φ0.38	89	
BO－7114	250	220	3.05	4	1400	120	71	62	24/22	0.20	1－φ0.72	165	1－φ0.41	95	
BO－7124	370	220	4.17	4	1400	120	71	80	24/22	0.20	1－φ0.83	126	1－φ0.44	71	

表 11－8　CO 系列单相电容起动异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 每极匝数	电容器容量 (μF)
CO－6322	180	220	1.95	2	2800	102	52	52	24/18	0.20	1－φ0.57	301	1－φ0.41	273	75
CO－6332	250	220	2.5	2	2800	102	52	68	24/18	0.20	1－φ0.62	232	1－φ0.44	200	100
CO－6334	180	220	2.6	4	1400	102	58	70	24/22	0.20	1－φ0.57	200	1－φ0.41	114	100
CO－6324	120	220	1.95	4	1400	102	58	60	24/30	0.20	1－φ0.57	231	1－φ0.35	102	100
CO－7102	250	220	2.5	2	2800	120	62	48	24/18	0.25	1－φ0.62	261	1－φ0.47	191	100
CO－7112	370	220	3.5	2	2800	120	62	62	24/18	0.25	1－φ0.72	212	1－φ0.49	182	100
CO－7122	550	220	4.84	2	2800	120	62	80	24/18	0.25	1 φ0.86	153	1－φ0.53	185	150
CO－7104	180	220	2.44	4	1400	120	71	48	24/22	0.20	1－φ0.64	209	1－φ0.41	128	100
CO－7114	250	220	3.05	4	1400	120	71	62	24/22	0.20	1－φ0.72	167	1－φ0.47	149	100
CO－7124	370	220	4.17	4	1400	120	71	80	24/22	0.20	1－φ0.83	126	1－φ0.49	131	100
CO－8012	750	220	6.25	2	2800	138	71.6	70	24/30	0.30	1－φ1.00	149	1－φ0.55	185	200
CO－8024	750	220	7.05	4	1400	138	81.6	90	24/26	0.25	1－φ1.08	93	1－φ0.59	92	150
CO－8014	550	220	5.65	4	1400	138	81.6	70	24/26	0.25	1－φ0.96	120	1－φ0.55	113	200

表 11－9　DO 系列单相电容运转异步电动机技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 每极匝数	空载电流 (A)	电容器容量 (μF)
DO－4512	15	220	0.23	2	2800	71	38	45	12/15	0.20	1 φ0.23	823	1－φ0.19	1259	0.249	1.8
DO－4522	25	220	0.32	2	2800	71	38	45	12/15	0.20	1－φ0.25	698	1－φ0.2	1369	0.373	2.0
DO－5012	40	220	0.45	2	2800	80	43	35	24/18	0.25	1－φ0.25	700	1－φ0.19	920	0.38	2.4
DO－5022	60	220	0.55	2	2800	80	43	46	24/18	0.25	1－φ0.29	550	1－φ0.23	778	0.474	2.7
DO－5612	90	220	0.82	2	2800	90	48	38	24/18	0.25	1－φ0.33	500	1－φ0.27	650	0.63	3.4
DO－5622	120	220	1.0	2	2800	90	48	48	24/18	0.25	1－φ0.41	400	1－φ0.27	640	0.66	3.7
DO－6312	180	220	1.42	2	2800	102	54	44	24/18	0.25	1－φ0.44	341	1－φ0.33	510	1.29	4.8
DO－4514	8	220	0.20	4	1400	71	38	45	12/15	0.20	1－φ0.2	575	1－φ0.16	650	0.275	1.8
DO－4524	15	220	0.28	4	1400	71	38	45	12/15	0.20	1－φ0.21	523	1－φ0.17	670	0.388	2.0
DO－5014	25	220	0.35	4	1400	80	42	34	24/18	0.15	1－φ0.25	504	1－φ0.18	523	0.382	2.4
DO－5024	40	220	0.52	4	1400	80	42	44	24/18	0.15	1－φ0.27	373	1－φ0.2	598	0.565	2.7
DO－5614	60	220	0.72	4	1400	90	52	38	24/18	0.20	1－φ0.29	350	1－φ0.27	460	0.84	3.4
DO－5624	90	220	0.97	4	1400	90	52	48	24/18	0.20	1－φ0.31	260	1－φ0.29	420	1.23	3.7
DO－6314	120	220	1.2	4	1400	102	60	44	24/22	0.25	1－φ0.38	265	1－φ0.29	460	1.28	4.8
DO－6324	180	220	1.67	4	1400	102	60	55	24/22	0.25	1－φ0.44	213	1－φ0.33	355	1.73	5.6

表 11－10　BO_2 系列单相电阻起动异步电动机技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 每极匝数	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
BO_2－6312	90	220	1.02	2	2800	96	50	45	24/18	0.25	1－φ0.45	436	1－φ0.33	192	1.5	1.8
BO_2－6322	120	220	1.36	2	2800	96	50	54	24/18	0.25	1 φ0.50	357	1－φ0.35	182	1.4	1.8
BO_2－7112	180	220	1.89	2	2800	110	58	50	24/18	0.25	1－φ0.56	297	1－φ0.38	167	1.3	1.8
BO_2－7122	250	220	2.40	2	2800	110	58	62	24/18	0.25	1－φ0.63	235	1－φ0.40	156	1.1	1.8
BO_2－8012	370	220	3.36	2	2800	128	67	58	24/18	0.25	1－φ0.71	206	1－φ0.45	136	1.1	1.8
BO_2－6314	60	220	1.23	4	1400	96	58	45	24/30	0.25	1－φ0.42	315	1－φ0.31	127	1.7	1.8
BO_2－6324	90	220	1.64	4	1400	96	58	54	24/30	0.25	1－φ0.45	270	1－φ0.35	117	1.5	1.8
BO_2－7114	120	220	1.88	4	1400	110	67	50	24/30	0.25	1－φ0.53	224	1－φ0.33	124	1.5	1.8
BO_2－7124	180	220	2.49	4	1400	110	67	62	24/30	0.25	1－φ0.60	183	1－φ0.35	102	1.4	1.8
BO_2－8014	250	220	3.11	4	1400	128	77	58	24/30	0.25	1－φ0.71	158	1－φ0.40	104	1.2	1.8
BO_2－8024	370	220	4.24	4	1400	128	77	75	24/30	0.25	1－φ0.85	124	1－φ0.47	89	1.2	1.8

表 11－11　CO_2 系列单相电容起动异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 每极匝数	电容器容量 (μF)
CO_2－7112	180	220	1.89	2	2800	110	58	50	24/18	0.25	1－φ0.56	297	1－φ0.38	247	75
CO_2－7122	250	220	2.40	2	2800	110	58	62	24/18	0.25	1－φ0.63	235	1－φ0.47	204	75
CO_2－8012	370	220	3.36	2	2800	128	67	58	24/18	0.25	1－φ0.71	206	1－φ0.53	206	100
CO_2－8022	550	220	4.65	2	2800	128	67	75	24/18	025	1－φ0.85	159	1－φ0.56	154	150
CO_2－90S2	750	220	5.94	2	2800	145	77	70	24/18	0.30	1－φ1.0	147	1－φ0.63	133	200
CO_2－7114	120	220	1.88	4	1400	110	67	50	24/30	0.25	1－φ0.53	224	1－φ0.35	145	75
CO_2－7124	180	220	2.49	4	1400	110	67	62	24/30	0.25	1　φ0.60	183	1－φ0.38	124	75
CO_2－8014	250	220	3.11	4	1400	128	77	58	24/30	0.25	1－φ0.71	158	1－φ0.47	133	100
CO_2－8024	370	220	4.24	4	1400	128	77	75	24/30	0.25	1－φ0.85	124	1－φ0.50	134	100
CO_2－90S4	550	220	5.57	4	1400	145	87	70	36/42	0.25	1－φ0.95	127	1－φ0.60	108	150
CO_2－90L4	750	220	6.77	4	1400	145	87	90	36/42	0.25	1－φ1.05	96	1－φ0.63	120	150

表 11－12　DO_2 系列单相电容运转异步电动机技术数据

型号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 每极匝数	辅助绕组 线规 (mm)	辅助绕组 每极匝数	电容器容量 (μF)	电容器耐压 (V)
DO_2－4512	10	220	0.20	2	2800	71	38	45	12/18	0.20	1－φ0.18	868	1.－φ0.16	971	1	630
DO_2－4522	16	220	0.26	2	2800	71	38	45	12/18	0.20	1－φ0.20	750	1－φ0.19	796	1	630
DO_2－5012	25	220	0.33	2	2800	80	44	45	12/18	0.20	1－φ0.25	519	1－φ0.25	698	2	630
DO_2－5612	60	220	0.57	2	2800	90	48	50	24/18	0.25	1－φ0.28	454	1－φ0.31	527	4	630
DO_2－5622	90	220	0.81	2	2800	90	48	50	24/18	0.25	1－φ0.33	363	1－φ0.31	467	4	630
DO_2－6312	120	220	0.91	2	2800	96	50	45	24/18	0.25	1－φ0.40	415	1－φ0.31	593	4	630
DO_2－6322	180	220	1.29	2	2800	96	50	54	24/18	0.25	1－φ0.45	320	1－φ0.33	427	6	630
DO_2－7112	250	220	1.73	2	2800	110	58	50	24/18	0.25	1－φ0.50	271	1－φ0.45	382	8	430
DO_2－4514	6	220	0.20	4	1400	71	38	45	12/18	0.20	1－φ0.18	700	1－φ0.16	675	1	630
DO_2－4524	10	220	0.26	4	1400	71	38	45	12/18	0.20	1－φ0.20	600	1－φ0.16	620	1	630
DO_2－5014	16	220	0.28	4	1400	80	44	45	12/18	0.20	1－φ0.21	560	1－φ0.21	455	2	630
DO_2－5024	25	220	0.36	4	1400	80	44	45	12/18	0.20	1－φ0.25	436	1－φ0.21	435	2	630
DO_2－5614	40	220	0.49	4	1400	90	54	50	24/18	0.25	1－φ0.28	356	1－φ0.23	508	2	630
DO_2－5624	60	220	0.64	4	1400	90	54	50	24/18	0.25	1－φ0.31	348	1－φ0.28	339	4	630
DO_2　6314	90	220	0.94	4	1400	96	58	45	24/18	0.25	1－φ0.35	302	1－φ0.31	374	4	630
DO_2－6324	120	220	1.17	4	1400	96	58	54	24/18	0.25	1－φ40	259	1－φ0.31	365	4	630
DO_2－7114	180	220	1.58	4	1400	110	67	50	24/30	0.25	1－φ0.42	206	1－φ0.38	330	6	430
DO_2－7124	250	220	2.04	4	1400	110	67	62	24/30	0.25	1－φ0.47	165	1－φ0.42	268	8	430

表 11－13　YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据

型　号	极数	功率 (kW)	电压 (V)	额定电流 (A)	起动电流 (A)	转　速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	噪　声 N	噪　声 R	噪　声 S	振动
YC－90S－2	2	0.75	220	5.94	37	2900	70	0.82	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC－90L－2	2	1.1	220	8.47	60	2900	72	0.82	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC－100L1－2	2	1.5	220	11.24	80	2900	74	0.82	2.5	2.8	78	73	68	1.8
YC－100L2－2	2	2.2	220	16.1	120	2900	75	0.83	2.5	1.8	78	73	68	1.8
YC－112M－2	2	3	220	21.6	150	2900	76	0.83	2.2	1.8	80	75	70	1.8
YC－132S－2	2	3.7	220	26.3	175	2900	77	0.83	2.2	1.8	83	78	73	1.8
YC－90S－4	4	0.55	220	5.57	29	1450	65	0.69	2.5	1.8	70	65	60	1.8
YC－90L－4	4	0.75	220	6.77	37	1450	69	0.73	2.5	1.8	70	65	60	1.8
YC－100L1－4	4	1.1	220	9.52	60	1450	71	0.74	2.5	1.8	73	68	63	1.8
YC－100L2－4	4	1.5	220	12.5	80	1450	73	0.75	2.5	1.8	73	68	63	1.8
YC－112M－4	4	2.2	220	17.5	120	1450	75	0.76	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC－132S－4	4	3	220	23.5	150	1450	75.5	0.77	2.2	1.8	78	73	68	1.8
YC－132M－4	4	3.7	220	28	175	1450	76	0.79	2.2	1.8	78	73	68	1.8
YC－90S－6	6	0.25	220	4.21	20	950	54	0.50	2.5	1.8	66	61	56	1.8
YC－90L－6	6	0.37	220	5.27	25	950	58	0.56	2.5	1.8	66	61	56	1.8
YC－100L1－6	6	0.55	220	6.94	35	950	60	0.60	2.5	1.8	67	62	57	1.8
YC－100L2－6	6	0.75	220	9.01	45	950	61	0.62	2.2	1.8	67	62	57	1.8
YC－112M－6	6	1.1	220	12.2	65	950	63	0.65	2.2	1.8	70	65	60	1.8
YC－132S－6	6	1.5	220	14.7	85	950	68	0.68	2.0	1.8	73	68	63	1.8
YC－132M－6	6	2.2	220	20.4	125	950	70	0.70	2.0	1.8	73	68	63	1.8

表 11－14　G 系列单相串励电动机技术数据

型　号	功率 (W)	电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	气隙 (mm)	转子槽数	磁极绕组 线规 (mm)	磁极绕组 线圈匝数	转子绕组 线规 (mm)	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距	堵转电流/额定电流 (倍数)	堵转转矩/额定转矩 (倍数)
G－3614	8	220	0.14	4000	56	30	18	0.3	8	0.14	1010	0.09	214	1－4	24	1－2	2.5	1.5
G－3624	15	220	0.22	4000	56	30	30	0.3	8	0.18	685	0.12	137	1－4	24	1－2	2.5	1.5
G－3634	25	220	0.32	4000	56	30	38	0.3	8	0.23	536	0.15	104	1－4	24	1－2	2.5	1.5
G－3616	15	220	0.20	6000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1－2	3.5	1.8
G－3626	25	220	0.29	6000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1－2	3.5	1.8
G－3636	40	220	0.42	6000	56	30	38	0.3	8	0.25	470	0.17	77	1－4	24	1－2	3.5	1.8
G－3618	25	220	0.28	8000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1－2	4.5	3.0
G－3628	40	220	0.40	8000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1－2	4.5	3.0
G－3638	60	220	0.57	8000	56	30	38	0.3	8	0.29	445	0.20	62	1－4	24	1－2	4.5	3.0
G－36112	40	220	0.37	12000	56	30	18	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1－2	6.0	4.5
G－36212	60	220	0.53	12000	56	30	30	0.3	8	—	—	—	—	—	24	1－2	6.0	4.5
G－36312	90	220	0.77	12000	56	30	38	0.3	8	0.33	366	0.23	47	1－4	24	1－2	6.0	4.5
G－4514	40	220	0.45	4000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	—	36	1－2	2.5	1.7
G－4524	60	220	0.64	4000	71	39	40	0.35	12	0.31	362	0.21	51	1－6	36	1－2	2.5	1.7

续表

型号	功率(W)	电压(V)	额定电流(A)	转速(r/min)	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	定子铁心 长度(mm)	气隙(mm)	转子槽数	磁极绕组 线规(mm)	磁极绕组 线圈匝数	转子绕组 线规(mm)	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距	堵转电流/额定电流(倍数)	堵转转矩/额定转矩(倍数)
G-4534	90	220	0.91	4000	71	39	50	0.35	12	0.38	290	0.25	39	1-6	36	1-2	2.5	1.7
G-4516	60	220	0.59	6000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	—	36	1-2	3.5	2.5
G-4526	90	220	0.85	6000	71	39	40	0.35	12	—	—	—	—	—	36	1-2	3.5	2.5
G-4536	120	220	1.08	6000	71	39	50	0.35	12	0.41	240	0.27	33	1-6	36	1-2	3.5	2.5
G-4518	90	220	0.82	8000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	1-6	36	1-2	4.5	4.0
G-4528	120	220	1.03	8000	71	39	40	0.35	12	—	—	—	—	1-6	36	1-2	4.5	4.0
G-4538	180	220	1.50	8000	71	39	50	0.35	12	0.44	195	0.31	26	1-6	36	1-2	4.5	4.0
G-45112	120	220	0.99	12000	71	39		0.35	12	—	—	—	—	1-6	36	1-2	6.0	6.0
G-45212	180	220	1.43	12000	71	39	40	0.35	12	0.44	192	0.31	25	1-6	36	1-2	6.0	6.0
G-5614	120	220	1.15	4000	90	50	35	0.50	13	0.44	266	0.29	42	1-7	39	1-2	6.0	2.0
G-5624	180	220	1.70	4000	90	50	50	0.50	13	0.53	195	0.35	29	1-7	39	1-2	2.5	2.0
G-5634	250	220	2.32	4000	90	50	65	0.50	13	0.59	152	0.41	22	1-7	39	1-2	2.5	2.0
G-5616	180	220	1.60	6000	90	50	35	0.50	13	0.49	243	0.33	31	1-7	39	1-2	3.5	3.0
G-5626	250	220	2.15	6000	90	50	50	0.50	13	0.57	179	0.41	22	1-7	39	1-2	3.5	3.0
G-5636	370	220	3.08	6000	90	50	65	0.50	13	0.67	144	0.47	16	1-7	39	1-2	3.5	3.0
G-5618	250	220	2.08	8000	90	50	35	0.50	13	0.55	226	0.38	24	1-7	39	1-2	4.5	5.0
G-5628	370	220	2.90	8000	90	50	50	0.50	13	0.64	166	0.47	17	1-7	39	1-2	4.5	5.0
G-5638	550	220	4.18	8000	90	50	65	0.50	13	0.77	123	0.55	12	1-7	39	1-2	4.5	5.0
G-7114	370	220	3.32	4000	120	69	42	0.9	19	0.69	156	0.49	17	1-10	57	1-2	2.5	2.0
G-7124	550	220	4.92	4000	120	69	60	0.9	19	0.83	112	0.59	12	1-10	57	1-2	2.5	2.0
G-7134	750	220	6.70	4000	120	69	—	0.9	19	—	—	—	—	—	—	1-2	2.5	2.0
G-7116	550	220	4.45	6000	120	69	42	0.9	19	0.77	132	0.55	13	1-10	57	1-2	3.5	3.5
G-7126	750	220	6.0	6000	120	69	60	0.9	19	0.93	100	0.64	9	1-10	57	1-2	3.5	3.5
G-45132	250	220	1.93	12000	71	39	50	0.35	12	0.51	167	0.38	19	1-6	36	1-2	6.0	6.0

表 11-15　G 型单相串励电动机技术数据

型号	功率(W)	电压(V)	额定电流(A)	转速(r/min)	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	定子铁心 长度(mm)	气隙(mm)	转子槽数	磁极绕组 线规(mm)	磁极绕组 线圈匝数	转子绕组 线规(mm)	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节距	堵转电流/额定电流(倍数)	堵转转矩/额定转矩(倍数)
G-25-40	25	220	—	4000	71.3	39.3	20	0.4	11	0.21	690	0.14	84	1-6	33	1-1	—	—
G-30-40	30	220	—	4000	71.3	39.3	25	0.4	11	0.27	486	0.17	74	1-6	33	1-2	—	—
G-40-40	40	220	—	4000	71.3	39.3	25	0.4	11	0.27	486	0.17	76	1-6	33	1-2	—	—
G-60-40	60	220	—	4000	71.3	39.3	36	0.4	11	0.29	358	0.21	53	1-6	33	1-2	—	—
G 80-40	80	220	—	4000	71.3	39.3	33	0.4	11	0.33	310	0.23	46	1-6	33	1-2	—	—
G-90-40	90	220	—	4000	71.3	39.3	53	0.4	11	0.35	286	0.25	39	1-6	33	1-2	—	—
G-120-40	120	220	—	4000	90	51.3	40	0.45	19	0.41	282	0.29	37	1-10	38	1-2	—	—
G-180-40	180	220	—	4000	90	51.3	55	0.45	19	0.53	182	0.38	29	1-10	38	1-2	—	—
G-250-40	250	220	—	4000	90	51.3	68	0.45	19	0.59	146	0.41	18	1-10	38	1-2	—	—

表 11－16　U型单相串励电动机技术数据

型号	功率	电压	转速	定子铁心			气隙	转子	磁极绕组		转子绕组				
				外径	内径	长度			线规	每极	线规	线圈	线圈	换向	换向器
	(W)	(V)	(r/min)	(mm)			(mm)	槽数	(mm)	匝数	(mm)	匝数	节距	片数	节距
U15/40－220	15	220	4000	65	33.5	36	0.45	10	0.2	740	0.15	110	1－5	20	1－2
U15/56－220D	15	220	5600	55	29	22	0.45	10	0.19	600	0.13	110	1－5	20	1－2
U30/40－220	30	220	4000	84	45.3	25	0.45	12	0.25	575	0.18	62	1－6	36	1－2
U40/36－24D	40	24	3600	84	45.3	38	0.45	12	0.86	76	0.64	7	1－6	24	1 2
U40/36－110D	40	110	3600	84	45.3	38	0.45	12	0.41	350	0.33	34	1－6	24	1－2
U55/45－220D	55	220	4500	84	45.3	38	045	12	0.38	360	0.25	50	1－6	24	1－2
U80/50－110D	80	110	5000	84	45.3	60	0.45	12	0.49	220	0.41	13	1－6	36	1－2
U80/50－220D	80	220	5000	84	45.3	60	0.45	12	0.35	435	0.29	27	1－6	36	1－2
U180/40－220	180	220	4000	94	51.6	75	0.55	16	0.53	160	0.35	20	1－8	48	1－2

表 11－17　SU型交直流两用单相串励电动机技术数据

型号	功率 (W)		电压 (V)		转速 (r/min)	定子铁心 (mm)			气隙 (mm)	转子槽数	磁极绕组			转子绕组				
						外径	内径	长度			线规(mm)		每极匝数	线规 (mm)	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距
	交流	直流	交流	直流							交流	直流						
SU－1	80	100	110	110	2500	94	51.6	60	0.55	16	φ0.62	φ0.49	交流111	φ0.47	12	1－8	48	1－2
SU－1C	80	100	110	110	2500	94	51.6	60	0.55	16	φ0.62	φ0.49	直流增加209	φ0.47	12	1－8	48	1－2
SU－2	80	100	220	220	2500	94	51.6	60	0.55	16	φ0.44	φ0.35	交流219	φ0.33	25	1－8	48	1－2
SU－2C	80	100	220	220	2500	94	51.6	60	0.55	16	φ0.44	φ0.35	直流增加441	φ0.33	25	1－8	48	1－2

表 11－18　J1Z型单相电钻串励电动机技术数据(老系列)

钻头直径 (mm)	型号	功率 (W)	电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	定子铁心 (mm)			气隙 (mm)	转子槽数	磁极绕组		转子绕组				
						外径	内径	长度			线规 (mm)	每极匝数	线规 (mm)	线圈匝数	线圈节距	换向片数	换向器节距
φ6	J1Z－6	—	36	5.6	10000	61	35.3	34	0.35	9	2－0.55	42	2－0.41	7	1－5	27	1－2
			110	2.2	13500	61	35.3	34	0.35	9	1－0.47	128	1 0.33	19	1－5	27	1－2
			220	1.1	13500	61	35.3	34	0.35	9	1－0.33	255	1－0.23	38	1－5	27	1－2
φ10	J1Z－10	—	24	12	9900	73	41	40	0.35	12	3－0.69	22	1－0.41 1－0.69	45	1－6	24	1－2
			36	7.3	9900	73	41	40	0.35	12	2－0.69	35	1－0.69	6.5	1－6	24	1－2
			110	2.5	10300	73	41	40	0.35	12	1－0.55	96	1－0.38	13	1－6	36	1－2
			220	1.2	10300	73	41	40	0.35	12	1－0.38	198	1－0.27	16	1－6	36	1－2
φ13	J1Z－13	—	36	11	7000	85	46.3	45	0.4	12	3－0.72	25	1－0.53 1－0.67	6	1－6	24	1－2
			110	4.4	10000	85	46.3	45	0.4	12	1－0.67	95	1 0.53	9	1－6	36	1－2
			220	2.2	10000	85	46.3	45	0.4	12	1－0.51	190	1－0.38	18	1－6	36	1－2
			240	2.1	10000	85	46.3	45	0.4	12	1－0.51	190	1－0.38	20	1－6	36	1－2
φ19	J1Z－19	—	110	7.2	9000	102	58.7	46	0.5	15	3－0.62	60	2－0.47	9	1－7	30	1－2
			220	3.6	9000	102	58.7	46	0.5	15	2－0.55	120	1－0.47	12	1－7	45	1－2
φ23	J1Z－23	—	220	5.1	810	102	58.7	46	0.5	15	2－0.57	120	1－0.53	12	1－7	45	1－2

表 11－19　DT 系列电动工具用单相串励电动机技术数据

型　号	功率 (W)	电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	气隙 (mm)	转子槽数	磁极绕组 线规 (mm)	磁极绕组 每极匝数	转子绕组 线规 (mm)	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节　距
DT－21	60	220	0.679	14000	50	28.3	28	0.35	9	0.27	323	0.18	50	1－5	27	1－2
DT－22	90	220	0.879	14000	50	28.3	34	0.35	9	0.31	286	0.21	41	1－5	27	1－2
DT－23	120	220	1.07	14000	50	28.3	42	0.35	9	0.33	239	0.23	33	1－5	27	1－2
DT－23S	120	220	1.07	14000	50	28.1	42	0.45	9	0.33	222	0.23	33	1－5	27	1－2
DT－31	120	220	1.073	13000	56	30.3	38	0.35	9	0.33	237	0.23	36	1－5	27	1－2
DT－32	150	220	1.232	13000	56	30.3	42	0.35	9	0.38	218	0.25	32	1－5	27	1－2
DT－31S	120	220	1.05	13000	56	30.1	38	0.45	9	0.33	224	0.23	36	1－5	27	1－2
DT－41	150	220	1.242	12000	62	34.2	32	0.4	9	0.38	252	0.25	37	1－5	27	1－2
DT－42	180	220	1.421	12000	62	34.2	36	0.4	9	0.41	227	0.27	33	1－5	27	1－2
DT－42S	180	220	1.403	12000	62	34	36	05	9	0.41	224	0.27	33	1－5	27	1－2
DT－51	210	220	1.569	11000	71	38.1	38	0.45	11	0.47	191	0.31	24	1－6	33	1－2
DT－52	250	220	1.95	11000	71	38.1	44	0.45	11	0.49	167	0.35	21	1－6	33	1－2
DT－61	300	220	2.318	10000	80	44	38	0.5	11	0.55	168	0.38	22	1－6	33	1－2
DT－62	350	220	2.62	10000	80	44	42	0.5	11	0.57	154	0.41	20	1－6	33	1－2
DT－61S	300	220	2.3	10000	80	43.7	38	0.65	11	0.55	165	0.38	22	1－6	33	1－2
DT－71	400	220	3.03	9000	90	49.8	44	0.6	11	0.62	144	0.44	16	1－10	38	1－2
DT－72	500	220	3.72	9000	90	49.8	52	066	19	2－0.44	133	1－0.49	13	1－10	38	1－2
DT－71S	400	220	3.06	9000	90	49.5	44	0.75	19	1－0.62	144	1－0.44	16	1－10	38	1－2
DT－81	600	220	5.95	8000	102	56.6	64	0.7	19	2－0.62	96	2－0.47	10	1－10	38	1－2
DT－81S	600	220	4.39	8000	102	56.6	48	0.85	19	2－0.55	112	1－0.57	14	1－10	38	1－2

表 11－20　电动工具用单相交、直流两用串励电动机技术数据

定子冲片外径 (mm)	功率 (W)	电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	气隙 (mm)	转子槽数	磁极绕组 线规 (mm)	磁极绕组 每极匝数	转子绕组 线规 (mm)	转子绕组 线圈匝数	转子绕组 线圈节距	转子绕组 换向片数	转子绕组 换向器节　距
φ56	140	220	1	14000	56	31	38	0.35	9	1－0.33	247	0.23	36	1－5	27	1－2
	204	220	1.57	14300	56	31	50	0.35	9	1－0.38	197	0.27	27	1－5	27	1－2
φ71	275	220	2.1	12100	71	39	44	0.45	11	1－0.49	185	0.33	20	1－6	33	1－2
	385	220	2.71	13200	71	39	52	0.45	11	1－0.55	138	0.38	17	1－6	33	1－2
φ9	550	220	4.1	9900	90	51	52	0.6	19	2－0.49	134	0.49	13	1－10	38	1－2
	770	220	5.42	13200	90	51	52	0.6	19	2－0.55	116	0.57	10	1－10	38	1－2
	1250	220	8.05	12500	90	51	76	0.6	19	2－0.64	80	0.64	8	1－9	38	1－2

表 11-21　电动工具用单相串励电动机技术数据

定子冲片外径(mm)	额定电压(V)	额定电流(A)	输入功率(W)	输出功率(W)	转速(r/min)	铁心长度(mm)	气隙(mm)	定子绕组		转子绕组				电刷尺寸			轴承型号	
								线规(mm)	每极匝数	线规(mm)	线圈匝数	换向片数	换向器节距	长(mm)	宽(mm)	高(mm)	轴伸端	后罩端
	220	0.78	165	90	10000	38	0.35	0.33/0.28	310	0.25/0.21	46	27	1-2	6.5	4	12.5	60027	60026
	220	1.10	230	120	13000	38	0.35	0.38/0.33	248	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	36	5.60	185	92	10000	38	0.35	2-0.63/2-0.56	40	0.63/0.56	—	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.20	250	140	14000	38	035	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	10	60028	60026
	220	1.75	370	220	14000	55	0.35	0.47/0.41	175	0.34/0.29	25	27	1-2	6.5	4	13	60029	60027
	220	1.40	280	160	15000	38	0.35	0.41/0.35	240	0.30/0.25	31	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.10	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
φ56	220	0.8	140	80	8000	38	0.35	0.34/0.29	315	0.23/0.19	53	27	1-2	6.5	4	12.5	60027	60027
	220	1.78	380	230	14300	55	0.35	0.47/0.41	175	0.34/0.29	25	27	1-2	6.5	4	12.5	60029	60027
	220	1.10	240	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	0.79	140	80	8000	38	0.35	0.34/0.29	315	0.23/0.19	53	27	1-2	6.5	4	12.5	60102	60027
	220	1.10	250	140	14000	38	0.35	0.38/0.33	247	0.28/0.23	36	27	1-2	6.5	4	12.5	60028	60026
	220	1.10	220	130	13500	34	0.35	0.36/0.31	255	0.28/0.23	38	27	1-2	6.5	4.3	12.5	60029	60027
	220	1.10	210	120	12000	34	0.35	0.36/0.31	265	0.28/0.23	42	27	1-2	6.5	4.3	14	60029	60027
	36	9.6	328	164	8900	38	0.40	3-0.63/3-0.56	36	2-0.53/2-0.47	5	27	1-2	6.5	4.3	14	60029	60027
φ62	220	1.6	334	184	12600	38	0.40	0.48/0.42	216	0.32/0.27	32	27	1-2	6.5	4.3	14	60029	60027
	220	1.6	320	210	12600	41	0.40	0.47/0.41	210	0.34/0.29	32	27	1-2	6.5	4.3	12	60029	60027
	220	1.6	340	220	13040	36	0.40	0.47/0.41	204	0.34/0.29	32	27	1-2	6.5	4.3	12.5	60029	60029
	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.56/0.50	185	0.39/0.33	20	33	1-2	8	5	16	60200	60027
φ71	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.55/0.49	185	0.39/0.33	20	33	1-2	8	5	17	60200	60027
	220	1.51	305	195	8500	44	0.45	0.47/0.41	212	0.34/0.29	27	33	1-2	8	4.5	17	60200	60027
	220	2.1	430	275	12100	44	0.45	0.55/0.49	185	0.38/0.33	20	33	1-2	8	15	17	60200	60027
	220	2.4	485	310	13000	38	0.50	0.63/0.57	152	0.48/0.42	19	33	1-2	8	6.3	16	60029	60028
φ80	220	2.5	520	360	13300	42	0.45	0.63/0.57	160	0.47/0.41	18	33	1-2	8	5	16	80501	60018
	220	2.5	550	350	8900	42	0.55	0.62/0.55	173	0.44/0.36	24	33	1-2	10.5	4	18	60201	60028

续表

定子冲片外径(mm)	额定电压(V)	额定电流(A)	输入功率(W)	输出功率(W)	转速(r/min)	铁心长度(mm)	气隙(mm)	定子绕组		转子绕组				电刷尺寸			轴承型号	
								线规(mm)	每极匝数	线规(mm)	线圈匝数	换向片数	换向器节距	长(mm)	宽(mm)	高(mm)	轴伸端	后罩端
φ80	220	3.7	780	375	14500	42	0.45	0.63/0.57	115	0.53/0.40	14	33	1－2	8	5	16	60201	60028
	220	3.2	630	450	11000	48	0.55	0.66/0.59	148	0.50/0.44	16	33	1－2	10	4.5	18	60201	60028
	220	3.2	630	450	11300	48	0.50	0.66/0.59	144	0.50/0.44	17	33	1－2	8	6.3	16	60200	60028
	220	4.1	700	600	11000	60	0.55	0.50/0.44	136	0.53/0.47	16	33	1－2	10.5	4.5	18	60201	60025
φ90	220	4.1	830	470	9900	52	0.60	2－0.56/1－0.50	134	0.56/0.50	13	38	1－2	12.5	8	20	60201	60029
	220	4.0	820	500	11000	52	0.65	0.55/0.50	132	0.59/0.52	12	38	1－2	12.5	8	22	60201	60029
	220	4.1	810	550	9900	52	0.60	2－0.55/2－0.49	134	0.55/0.49	13	38	1－2	12.5	8	19	60201	60029
	220	4.5	920	630	11000	52	0.60	2－0.56/2－0.50	126	0.60/0.53	12	38	1－2	12.5	8	19	60201	60029
	220	4.9	1000	660	12100	52	0.60	0.6/0.55	110	0.62/0.57	11	38	1－2	12.5	8	16	60201	60029
	220	7.7	1800	1200	12000	76	0660	2－0.72/2－0.64	76	0.72/0.64	8	38	1－2	12.5	8	16	60029	60029

表 11－22　电风扇、排气扇用单相电容起动电动机技术数据

风扇类型	规格(mm)	额定功率(W)	额定电压(V)	极数	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	定子铁心 长度(mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	主绕组 线规(mm)	主绕组 匝数	主绕组 线圈数	副绕组 线规(mm)	副绕组 匝数	副绕组 线圈数	线圈节距	绕组型式	电容器容量(μF)	调速方法
台扇	250	31	220	4	88	44.7	20	8/17	0.35	φ0.17	935	4	φ0.15	1020	4	1－3	双层链式	1	电抗器 2
											850	4	φ0.15	1020	2	1－3	双层链式	1	抽头法
														500＋300			L、Ⅱ型		
	300	45	220	4	88	44.7	26	8/17	0.35	φ0.17	634	4	φ0.19	620	4	1－3	单层链式	1、5	电抗器 4
					78	44.5	24	16/22	0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	500＋500	4	1－4	单层链式	1	抽头法
					85.5	46.5	20		0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	1000	4	1－4	L、Ⅱ	1	
		44	220	4	78	44.5	22	16/22	0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	1000	4	1－4		1	抽头法
		46	220	4	82	44.56	24	16/22	0.38	φ0.38	800	4	φ0.15	1000	4	1－4		1、2	抽头法
		42	220	4	80	44.5	26	16/22	0.30	φ0.19	800	4	φ0.15	960	4	1－4			抽头法
		44	220	4	73	40.3	26.5	16/22	0.35	φ0.15	840	4	φ0.15	900	4	1－4			抽头法

续表

风扇类型	规格 (mm)	额定功率 (W)	额定电压 (V)	极数	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组 线规 (mm)	主绕组 匝数	主绕组 线圈数	主绕组 线规 (mm)	主绕组 匝数	主绕组 线圈数	线圈节距	绕组型式	电容器容量 (μF)	调速方法
台扇	300	45	220	4	88	49	22	16/22	0.35	φ0.17	800	4	φ0.15	1000	4	1－4			抽头法
	350	54	220	4	88.5	49	25	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1－4	单层链式		电抗器 5
										φ0.19	760 650＋110	3 1		480＋480	4	1－4	单层 T 型		抽头法
		52	220	4	88	44.7	32	8/17	0.35	φ0.23	560	4	φ0.19	790	4	1－3	双层链式	1、2	电抗器
		50	220	4	88	49	20	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1－4	双层链式	1	电抗器
					78	44.5	15		0.35	φ0.17	750	4	φ0.15	600＋500	4	1－4	双层链式	1	抽头法
		54	220	4	88	49	25	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1－4	双层链式	1	电抗器
		60	220	4	88.5	49	35	16/22	0.35	φ0.23	570	4	φ0.19	720	4	1－4	单层链式	—	电抗器 7
	400	61	220	4	88.4	49	32	16/22	0.35	φ0.21	550	4	φ0.19	350＋350	4	1－4	单层链式 Ⅰ、Ⅱ	— —	抽头法
		66	220	4	88	44.7	32	8/17	0.35	φ0.23	530	4	φ0.17	890	4	1－3	双层链式	—	电抗器
		58	220	4	88	49	35	16/22	0.35	φ0.23	570	4	φ0.19	720	4	1－4	双层链式	—	电抗器
顶扇	350		220	4	88	49	25	16/22	0.35	φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1－4	单层链式	1、2	电抗器 8
	400		220	4	88	49	35	16/22	0.35	φ0.23	570	4	φ0.19	720	4	1－4	单层链式	1、2	电抗器 9
吊扇	900	47	220	14	118	23	23	28/45	0.25	φ0.23	382	14	φ0.19	506	14	1－3	双层链式	1	无
	1200	63	220	18	134.75	25	25	36/48	0.25	φ0.27	280	18	φ0.25	328	18	1－3	双层链式	2	电抗器 11
	1400	77	220	18	138.8	28	28	36/48	0.25	φ0.29	236	18	φ0.25	323	18	1－3	双层链式	4	电抗器 12
					136.6	32	32	36/48	0.50	φ0.31	440	18	φ0.25	620	18	1－4 1－3	双层链式	2	无
排气扇	400	150	220	4	102	60	36	24/18	0.35	φ0.31	260	6	φ0.31	260	6	1－3 1－5/4	单层 交叉式	4	无
	500	350	220	4	120	72	40	24/20	0.30	φ0.29	295	6	φ0.23	510	6	1－4	单层链式	2	无
							56	24/18	0.25	φ0.47	105	6	φ0.35	170	6	2－5 1－6	单层链式	6	无

表 11－23　电风扇调速用电抗器技术数据

风扇类型	规格(mm)	电动机类型	铁心尺寸				调速线圈		电枢线圈		
			形　式	外形尺寸(mm)	窗口尺寸(mm)	厚　度(mm)	线　规(mm)	线圈匝数	线　规(mm)	线　圈匝　数	电　压(V)
台扇	260	罩极式	U	φ10	—	—	φ0.17	1600	—	—	—
	250	电容运转	E	—	—	—	φ0.17	1400＋200＋200	φ0.17	72＋600	6.3
	300	罩极式	E	63.4×60.3	38.1×12.7	13	φ0.27	750＋100	—	—	—
	300	电容运转	E	—	—	—	φ0.17	1100＋250＋200	φ0.17	70＋300	6.3
	350	电容运转	E	φ57	12	18	φ0.21	800＋350＋250	φ0.19	70	4
	400	罩极式	E	63.4×60.3	38.1×12.7	17	φ0.41	380＋70	—	—	—
	400	电容运转	E	φ57	12	18	φ0.23	640＋300＋200	φ0.19	65	4
顶扇	350	罩极式	E	φ57	12	18	φ0.23	200＋850＋350	φ0.19	70	4
	400	罩极式	E				φ0.23	190＋520＋220		65	
吊扇	900	罩极式	E	63.4×60.3	38.1×12.7	18	φ0.38	250＋100＋100＋100＋100＋100	—	—	—
									—	—	—
	1200	电容运转	E	63.4×60.3	38.1×12.7	18	φ0.27	380＋120＋110＋100＋100＋100	—	—	—
									—	—	—
	1400	电容运转	全封闭	—	—	20	φ0.38	414＋69＋81＋43＋73＋88	—	—	—
									—	—	—

表 11－24　电风扇用单相罩极异步电动机技术数据

风扇类型	规格(mm)	电动机类型	额定功率(W)	额定电压(V)	极数	定子铁心			定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	定子绕组					调速方法
						外径	内径	长度			绕组型式	线规(mm)	每极匝数	线圈数	线圈节距	
						(mm)										
台扇	200	单相罩极异步电动机	32	220	2	60	30	25	/15	0.35	集中式	φ0.17	1270	2	—	电抗器 1
						59	28	32	/15	0.35	集中式	φ0.19	800＋500	2	—	抽头法
	300		52	220	4	88	44.7	32	/17	0.35	集中式	φ0.27	510	4	—	电抗器 3
	400		80	220	4	108/95.7	51	32	/22	0.35	集中式	φ0.47	450	4	—	电抗器 6
吊扇	900		70	220	4	123.6	51	30	/57	0.3	集中式	φ0.38	550	6	—	电抗器 10

表 11－25　轴流扇、转页扇用单相异步电动机技术数据

规格型号 (mm)	电压 (V)	频率 (Hz)	极数	定子铁心		主绕组			辅助绕组			电动机转向	电容器容量 (μF)
				长度 (mm)	槽数	线规 (mm)	线圈匝数	线圈数	线规 (mm)	线圈匝数	线圈数		
400 轴流风扇	220	50	6	55	24	φ0.38	205	12	φ0.38	205	12	双向转	6
400 轴流风扇	220	50	6	55	24	φ0.38	205	12	φ0.27	416	12	单向转	2.5
400 轴流风扇	220	60	6	55	24	φ0.38	200	12	φ0.38	205	12	双向转	6
300 转页扇主电机	220	50	4	20	10	φ0.18	800	4	φ0.18	880	4	单向转	—

表 11－26　XDC、JXX、XD 型洗衣机用单相异步电动机技术数据

电动机型号	额定功率 (W)	定子铁心			定转子槽数 z_1/z_2	气隙 (mm)	主绕组				辅助绕组				电容器容量 (μF)
		外径	内径	长度			线径 (mm)	线圈匝数	线圈节距	20℃电阻值(Ω)	线径 (mm)	线圈匝数	线圈节距	20℃电阻值(Ω)	
		(mm)													
XDC－X－2	85	方形 101×101	68	39	24/34	0.35	φ0.38	170 80	1－6 2－5	33.7	φ0.35	170 80	4－9 5－8	38.8	8.5
XDC－T－2	20	方形 101×101	68	19	24/34	0.35	φ0.25	310 150	1－6 2－5	109.2	φ0.19	455 225	4－9 5－8	27.6	3
JXX－90B	90	方形 124×124	80	25	24/34	0.20	φ0.41	107 214	1－7 2－6	37	φ0.41	107 214	4－10 5－9	37	8
XD－90	90	方形 120×120	70	30	24/22	0.30	φ0.42	220 110	1－6 2－5	32	φ0.42	220 110	4－9 5－8	32	6
XD－120	120	方形 120×120	70	35	24/22	0.30	φ0.45	161 118	1－6 2－5	24.8	φ0.45	161 118	4－9 5－8	24.8	10
XD－180	180	方形 120×120	70	45	24/22	0.30	φ0.53	160 80	1－6 2－5	18.5	φ0.53	160 80	4－9 5－8	18.5	12
XD－250	250	方形 120×120	70	60	24/22	0.30	φ0.56	96 69	1－6 2－5	12.5	φ0.56	96 69	4－9 5－8	12.5	16
XD－90	90	方形 107×107	65	35	24/30	0.30	φ0.38	200 100	1－6 2－5	38.4	φ0.38	200 100	4－9 5－8	38.4	8
XD－120	120	方形 107×107	65	40	24/30	0.30	φ0.41	176 88	1－6 2－5	27	φ0.41	176 88	4－9 5－8	27	10

表 11－27　XDL、XDS 型洗衣机用单相电容电动机技术数据

电动机型号	额定功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	转速(r/min)	定子铁心			定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	正转定子绕组			反转定子绕组			堵转电流(A)	电容器容量(μF)
					外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)			线径(mm)	每极匝数	线圈节距	线径(mm)	每极匝数	线圈节距		
XDL－90	90	220	0.88	1370	107	68	34	24/34	0.35	φ296	1－7 2－6	φ0.35	296	1－7 2－6	2.0	8	
XDS－90	90	220	0.88	1370	107	68	34	24/34	0.35	φ0.35	296	1－7 2－6	φ0.35	296	1－7 2－6	2.0	8
XDL－120	120	220	1.1	1370	107	68	40	24/34	0.35	φ0.38	253	1－7 2－6	φ0.38	253	1－7 2－6	2.5	9
XDS－120	120	220	1.1	1370	107	68	40	24/34	0.35	φ0.38	253	1－7 2－6	φ0.38	253	1－7 2－6	2.5	9
XDL－180	180	220	1.54	1370	107	68	50	24/34	0.35	φ0.45	195	1－7 2－6	φ0.45	195	1－7 2－6	4.0	12
XDS－180	180	220	1.54	1370	107	68	50	24/34	0.35	φ0.45	195	1－7 2－6	φ0.45	195	1－7 2－6	4.0	12
XDL－250	250	220	2.0	1370	107	68	62	24/34	0.35	φ0.50	156	1－7 2－6	φ0.50	156	1－7 2－6	5.5	16
XDS－250	250	220	2.0	1370	107	68	62	24/34	0.35	φ0.50	156	1－7 2－6	φ0.50	156	1－7 2－6	5.5	16

表 11－28　YYKF 型空调器风扇单相电容运转电动机技术数据

型号	输出功率(W)	额定电压(V)	转速		铁心数据		定转子槽数 z_1/z_2	气隙(mm)	主绕组			辅助绕组Ⅰ			辅助绕组Ⅱ			调速绕组			电容器规格(μF/V)
			高速(r/min)	低速(r/min)	外径(mm)	长度(mm)			线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	
YYKF120－4	120	220	1200	1000	139.8	40	36/44	0.3	φ0.42	139 123 88	1－9 2－8 3－7	φ0.31	88 220 280	1－10 2－9 3－8	φ0.31	220 88	2 9 3－8	φ0.42	35 31 24	1－9 2－8 3－7	6/450
YYKF120－4	120	380	1200	1000	139.8	40	36/44	0.3	φ0.33	227 198 143	1 9 2－8 3－7	φ0.29	175 207 218	1 10 2－9 3－8	φ0.29	207 175	2－9 3－8	φ0.29	58 50 36	1－9 2－8 3－7	3/450

表 11－29　电动剃须刀直流串励电动机技术数据

电动机型式	额定电压(V)	空载电流(mA)	额定转速(r/min)	额定电流(mA)		电源种类	电枢					磁钢			
				剃刀工作	轧刀工作		直径 D_a(mm)	长度 L_a(mm)	槽数	线圈线径(mm)	线圈匝数	外径(mm)	内径(mm)	间隙(mm)	表面磁感应强度(Gs)
卧　式	3	140	5500～6500	＜220	＜280	5号干电池或交流整流器	23.5	6.5	3	φ0.25	120	34.5	10.5	1.0	700～800
直筒式	1.5	200	4500～5500	＜400		1号干电池	21.5	9.0	3	φ0.35	86	30	23	1.5	750左右

表 11－30　吸尘器用单相串励电动机技术数据

型号	额定功率(W)	额定电压(V)	定子铁心(mm)			定子绕组			电枢							真空度(Pz)	风量(m^3/min)
			外径	内径	长度	线径(mm)	每极匝数	线圈数	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	线圈数	槽数	换向片数	换向器节距		
WX－4A	170	220	56	31	35	φ0.31	297	2	φ0.21	44	1－5	4	9	27	1－2	3500	0.7
WX－4A	200	220	—	—	—	φ0.31	330	2	φ0.21	50	1－5	4	10	20	1－2	4000	0.8
BTX－11B	370	220	63	34	16	φ0.44	192	2	φ0.31	25	1－6	4	12	24	1－2	8000	1.1
BTX	400	220	—	—	—	φ0.53	190	2	φ0.38	22	1－6	6	12	36	1－2	9000	1.25
BTX	600	220	—	—	—	φ0.53	160	2	φ0.38	23	1－6	4	12	24	1－2	14000	1.6
TX8A－62	620	220	88	47	21	φ0.50	160	2	φ0.35	24	—	4	22	22	1－2	14000	1.8
VC6ZO	620	220	88	47	21	φ0.50	160	2	φ0.35	24	—	4	22	22	1－2	14000	1.8
TX8A－80	800	220	95	48	28	φ0.60	200	2	φ0.40	18	—	4	12	24	1－2	18000	1.9
TX8A－80	800	220	—	—	—	φ0.67	136	2	φ0.47	17	1－6	4	12	24	1－2	18000	1.9
TX8A－80	1000	220	95	48	34	φ0.70	160	2	φ0.50	18	1－6	4	12	24	1－2	19000	2.0
WX　10A	1000	220	95	48	34	φ0.70	160	2	φ0.50	18	1－6	4	12	24	1－2	19000	2.0

表 11－31　家用电动缝纫机用单相串励电动机技术数据

型　号	输入功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	定子铁心			定子绕组		电　　枢						调速方式
					外径	内径	长度	线径 (mm)	每极匝数	线径 (mm)	线圈匝数	线圈节距	槽数	换向片数	换向器节距	
					(mm)											
JF－6028	60	220	0.3	8000	—	—	27	φ0.23	480	φ0.15	100	1－11	11	22	1－2	电阻
JF－8025	80	220	0.4	5000	—	—	27	φ0.23	480	φ0.15	100	1－11	11	22	1－2	电阻
JF－1025	100	220	0.5	7000	—	—	27	φ0.25	450	φ0.17	90	1－11	11	22	1－2	电阻
79－40Y75	75	220	0.37	6000	63	35.8	29	φ0.23	620	φ0.17	70	1－6	12	24	1－2	电阻
79－40Y100	100	220	0.49	5000	63	35.8	29	φ0.25	460	φ0.18	75	1－6	12	24	1－2	电阻
79－40Y130	130	220	0.63	7200	63	35.8	31	φ0.27	360	φ0.19	65	1－6	12	24	1－2	电阻

表 11－32　电吹风用电动机及电热元件技术数据

电动机型　式	额定功率 (W)	额定电压 (V)	电热丝		电动机			定　　子			气　隙 (mm)	转　　子		
			线径 (mm)	电阻 (Ω)	功率 (W)	电流 (A)	转速 (r/min)	线径 (mm)	匝数×线圈数	铁心叠厚 (mm)		线径 (mm)	匝数×线圈数	线圈节距
串励式	450	220	φ0.25	120	22.5	0.11	4500	φ0.10	1800×2	16	0.25	φ0.08	450×8	1－4
	550	220	φ0.27	105	29	0.15	3500	φ0.11	1300×2	24	0.30	φ0.09	300×8	1－4
	550	220	φ0.27	105	28	0.15	3500	φ0.12	1200×2	20	0.30	φ0.09	250×8	1－4
罩极式	450	220	φ0.27	115	24	0.15	2800	φ0.14	1700×2	20.5	0.25	φ2.8	罩极	—
	450	220	φ0.27	105	25	0.16	2500	φ0.15	1600×2	19	0.30	φ2.64	罩极	—
	550	220	φ0.315	100	24	0.26	2800	φ0.21	2100×2	18	0.30	φ2.34	罩极	—
	550	220	φ0.31	98	24	0.26	2500	φ0.21	2300×2	18	0.30	φ2.34	罩极	—

表 11－33　国产压缩机用单相电阻起动异步电动机技术数据(一)

生产厂	压缩机组(冰箱)型号	额定电压(V)	额定电流(A)	输出功率(W)	额定转速(r/min)	定子绕组(采用QF漆包线)	导线直径(mm)	线圈匝数 最小圈	小圈	中圈	大圈	最大圈	绕组总匝数	绕组电阻值(Ω)	线圈节距 最小圈	小圈	中圈	大圈	最大圈	定子铁心槽数	定子铁心叠厚(mm)
北京电冰箱厂	LD－5801	220	1.4	93	1450	运行	0.64	71	96	125	65	—	375×4	17.32	3	5	7	9	—	32	28
						起动	0.35	—	30	40	50	—	123×4	20.8	—	5	7	9	—		
	QF－21－75	220	0.9	75	2850	运行	0.59	45	87	101	117	120	470×2	16.3	3	5	7	9	11	24	25
						起动	0.31	—	40	60	70	200^{+140}_{-60}	370×2	45.36	—	5	7	9	11		
	QF－21－93	220	1.2	93	2850	运行	0.64	43	62	80	93	101	379×2	—	3	5	7	9	11	24	36
						起动	0.35	—	33	41	45	101^{+76}_{-25}	220×2	—	5	7	9	11			
北京冰箱压缩机厂(北京第二轻工机械厂)	QF－21－65	220	0.7	65	2850	运行	0.30	59 (64)	79 (84)	95 (101)	105 (113)	105 (113)	443×2 (445)	—	3	5	5	9	11	24	30±0.5
						起动	0.29 (0.33)	—	57 (39)	64 (45)	74 (50)	87 (152^{+107}_{-54})	242×2 (286)	—	—	5	7	9	11		
	QF－21－100	220	0.8	100	2850	运行	0.6	53	72	88	114	114	441×2	—	3	5	7	9	11	24	30±0.5
						起动	0.32	—	45	55	59	195^{+127}_{-68}	354×2	—	—	5	7	9	11		
常熟机械总厂	QZD－3.4	220	0.6	75 (输入)	2850	运行	0.45		88	112	137	137	474×2	30.13	—	5	7	9	11	24	30±0.5
						起动	0.31	—	36	48	188^{+124}_{-64}	141^{+100}_{-41}	413×2	53.9	—	5	7	9	11		

表 11－34　国产压缩机用单相电阻起动异步电动机技术数据(二)

生产厂	压缩机组(冰箱)型号	额定电压(V)	额定电流(A)	输出功率(W)	额定转速(r/min)	定子绕组(采用QF漆包线)	导线直径(mm)	线圈匝数 最小圈	小圈	中圈	大圈	最大圈	绕组总匝数	绕组电阻值(Ω)	线圈节距 最小圈	小圈	中圈	大圈	最大圈	定子铁心槽数	定子铁心叠厚(mm)
天津医疗器械厂	LD－1－6	220	1.1	93	2850	运行	0.64	—	65	85	113	113	376×2	12	—	5	7	9	11	24	35
						起动	0.35	—	41	50	120^{+95}_{-20}	117^{+97}_{-20}	323×2	33	—	5	7	9	11		
	5608－Ⅰ	220	1.6	125	1450	运行	0.7	62	91	101	—	—	363×4	14	3	5	7	—	—	32	—
						起动	0.37	33	54	65	—	—	157×4	27.2	3	5	7	—	—		
	5608－Ⅱ	220	1.6	125	1450	运行	0.72	59	61	81	46	—	247×4	10.44	3	5	7	9	—	32	—
						起动	0.35	—	34	46	50	—	130×1	23.25	—	5	7	9	—		
沈阳医疗器械厂	FB－515	220	1.2～1.5	93	1450	运行	0.60	—	90	118	122	—	330×4	19～20	—	3	5	7	—	32	28
						起动	0.38	—	—	41	102	—	143×4	24～25	—	—	5	7	—		
	FB－516 (517(Ⅰ)	220	1.3～1.7	65	2860	运行	0.64	—	90	110	137	—	337×4	14～16	—	3	5	7	—	32	28
						起动	0.38	—	18	95	—	—	148×4	—	—	3	5	7	—		
	FB－505	220	0.7	65	2860	运行	0.51	88	53	131	131	175	618×2	—	3	5	7	9	11	24	30
						起动	0.31	53	53	79	79	104	368×2	—	3	5	7	9	11		

表 11－35　部分进口电冰箱用压缩机单相电动机技术数据

生产厂	压缩机组(冰箱)型号	额定电压(V)	额定电流(A)	输出功率(W)	额定转速(r/min)	定子绕组(采用 QF 耐氟漆包线)	导线直径(mm)	线圈匝数					绕组总匝数	绕组电阻值(Ω)	定子槽数	线圈节距					电动机类型
								最小圈	小圈	中圈	大圈	最大圈				最小圈	小圈	中圈	大圈	最大圈	
日本日立公司	HQ－651－BR	220～242	1.0	62	2850	运行	0.62	—	58	76	102	108	344×2	15	24	—	5	7	9	11	电阻(分相)起动
						起动	0.31	—	—	64	72	82	218×2	37	—	—	—	7	9	11	
日本日立公司	V110R	220	0.91	93	2850	运行	0.62	71	81	99	116	104	471×2	19.15	24	3	5	7	9	11	电阻(分相)起动
						起动	0.38	—	43	52	60	66	221×2	24	—	—	5	—	—	—	
日本东芝公司	KL－12M	—	—	—	—	运行	0.57	—	80	106	110	118	414×2	8.5＋8.5	24	—	5	7	9	11	电容起动
						起动	0.41	—	—	—	128	130	258×2	20.5	—	—	—	—	9	11	
原苏联“波留沙－10”	JIXK－240	—	—	—	—	运行	0.61	—	64	92	108	120	384×2	15	24	—	5	7	9	11	—
						起动	0.38	—	34	43	139^{+98}_{-41}	140^{+98}_{-42}	356×2	44	—	—	5	7	9	11	

表 11－36　单相罩极式电动吹风机技术数据

功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	转速(r/min)	定子铁心			槽数	主绕组					辅助绕组				
				外径	内径	长度		线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	绕组型式	线圈数	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	绕组型式	线圈数
				(mm)													
92	220/110	0.65/1.3	2800	100	48	38	16	φ0.31	100	1－5	单层链式	4	φ0.93	3	8－13 9－14 16－5 1－6	单层链式	2
184	220/110	2.4/4.8	2800	120	63	55	20	φ0.66	76	1－6	单层链式	5	φ1.12	3	10－16 11－17 20－6 1－7	单层链式	2
184	220/110	2.4/4.8	2800	120	63	55	18	φ0.66	93	1－9 2－8 3－7	单层同心	3	φ0.72	10	—	单层链式	4

续表

功率(W)	额定电压(V)	额定电流(A)	转速(r/min)	定子铁心			槽数	主绕组					辅助绕组				
				外径	内径	长度		线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	绕组型式	线圈数	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	绕组型式	线圈数
				(mm)													
368	220/110	3.5/6.1	2800	140	76	55	24	φ0.62	—	1－9	单层链式	5	φ1.82	2	{4－15 5－14 {16－3 17－2	单层同心	2
368	220/110	3.5/7	2800	135	76	55	24	φ0.62	—	1－8	单层链式	6	φ1.75	2	{6－13 7－14 {18－1 19－2	单层链式	2
368	220/110	3.5/7	2800	132	76	47	24	φ0.62	70	1－8	单层链式	5	φ1.85	2	{6－14 7－15 {18－2 19－3	单层链式	2
220	220/110	1.5/3	2800	130	68	62	16	φ0.44	140	1－8 2－7 3－6	单层同心	3	1.82	2	—	单层链式	1
200	220/110	1.2/2.4	2800	100	60	50	24	φ0.51	78	1－8	单层链式	5	φ1.2	5	—	单层链式	1
200	220/110	2.5/5	2850	120	66	45	24	φ0.62	70	1－8	单层链式	6	φ1.35	3	{12－20 13－21 {24－8 1－9	单层链式	2
249	220/110	3/6	2800		86	55	24	φ0.67	—	—	单层同心	5	φ1.48	2	{12－18 13－19 {24－6 1－7	单层链式	2
270	220/110	3/6	2800	105	75	54	24	φ0.69	80	1－8	单层链式	5	φ1.88	3	{6－13 7－14 {18－1 19－2	单层链式	2
368	220/100	3/6	2800	140	75	50	24	φ0.62	—	1－9	单层链式	5	φ1.86	2	{3－13 4－14 {5－1 16－2	单层链式	2

表 11－37　圆电磁线常用数据

铜导线规格		直流电阻 20℃不大于 (Ω/m)	聚酯漆包线		双丝包线最大外径	丝漆包线最大外径(mm)				玻璃丝包线最大外径(mm)	
线径 (mm)	标称截面积(mm^2)		最大外径 (mm)	近似重量 (kg/km)		单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线
0.05	0.001964	10.08	0.065	0.0180	0.16	0.14	0.18	0.14	0.18	—	—
0.06	0.00283	6.851	0.080	0.0280	0.17	0.15	0.19	0.16	0.20	—	—
0.07	0.00385	4.958	0.090	0.0380	0.18	0.16	0.20	0.17	0.21	—	—
0.08	0.00503	3.754	0.100	0.0490	0.19	0.17	0.21	0.18	0.22	—	—
0.09	0.00636	2.940	0.110	0.0620	0.20	0.18	0.22	0.19	0.23	—	—
0.10	0.00785	2.466	0.125	0.0750	0.21	0.19	0.23	0.20	0.24	—	—
0.11	0.0950	2.019	0.135	0.0910	0.22	0.20	0.24	0.21	0.25	—	—
0.12	0.01131	1.683	0.145	0.1073	0.23	0.21	0.25	0.22	0.26	—	—
0.13	0.01327	1.424	0.155	0.1253	0.24	0.22	0.26	0.23	0.27	—	—
0.14	0.01539	1.221	0.165	0.145	0.25	0.23	0.27	0.24	0.28	—	—
0.15	0.01767	1.059	0.180	0.166	0.26	0.24	0.28	0.25	0.29	—	—
0.16	0.0201	0.9264	0.190	0.188	0.28	0.26	0.30	0.28	0.32	—	—
0.17	0.0227	0.8175	0.200	0.212	0.29	0.27	0.31	0.29	0.33	—	—
0.18	0.0254	0.7267	0.210	0.237	0.30	0.28	0.32	0.30	0.34	—	—
0.19	0.0284	0.6503	0.220	0.263	0.31	0.29	0.33	0.31	0.35	—	—
0.20	0.0314	0.5853	0.230	0.290	0.32	0.30	0.35	0.32	0.36	—	—
0.21	0.0346	0.5296	0.240	0.320	0.33	0.32	0.36	0.33	0.37	—	—
0.23	0.0415	0.4396	0.265	0.383	0.36	0.35	0.39	0.36	0.41	—	—
0.25	0.0491	0.3708	0.290	0.452	0.38	0.37	0.42	0.38	0.43	—	—
0.28	0.0616	0.3052	0.320	0.564	0.41	0.40	0.45	0.41	0.46	—	—
0.31	0.0755	0.2473	0.35	0.690	0.44	0.43	0.48	0.44	0.49	—	—
0.33	0.0855	0.2173	0.37	0.780	0.47	0.46	0.51	0.48	0.53	—	—
0.35	0.0962	0.1925	0.39	0.876	0.49	0.48	0.53	0.51	0.55	—	—
0.38	0.1134	0.1626	0.42	1.030	0.52	0.51	0.56	0.53	0.58	—	—
0.40	0.1257	0.1463	0.44	1.165	0.54	0.53	0.58	0.55	0.60	—	—
0.42	0.1835	0.1324	0.46	1.290	0.56	0.56	0.60	0.57	0.62	—	—
0.45	0.1590	0.1150	0.49	1.415	0.59	0.58	0.63	0.60	0.65	—	—
0.47	0.1735	0.1052	0.51	1.570	0.61	0.60	0.65	0.62	0.67	—	—
0.50	0.1964	0.09269	0.54	1.834	0.64	0.63	0.68	0.65	0.70	—	—
0.53	0.221	0.08231	0.58	2.010	0.67	0.67	0.72	0.69	0.74	0.73	0.79
0.56	0.246	0.07357	0.61	2.269	0.70	0.70	0.75	0.72	0.77	0.76	0.82
0.60	0.283	0.06394	0.65	2.581	0.74	0.74	0.79	0.76	0.81	0.80	0.86
0.63	0.312	0.05790	0.68	2.813	0.77	0.77	0.83	0.79	0.84	0.83	0.89
0.67	0.353	0.05109	0.72	3.199	0.82	0.82	0.87	0.85	0.90	0.88	0.93

续表

铜导线规格		直流电阻20℃不大于(Ω/m)	聚酯漆包线		双丝包线最大外径	丝漆包线最大外径(mm)				玻璃丝包线最大外径(mm)	
线径(mm)	标称截面积(mm)		最大外径(mm)	近似重量(kg/km)		单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线
0.71	0.396	0.04608	0.73	3.575	0.86	0.86	0.91	0.89	0.94	0.93	0.98
0.75	0.442	0.03904	0.81	3.998	0.91	0.91	0.97	0.94	1.00	0.97	1.02
0.80	0.503	0.03351	0.86	4.569	0.96	0.96	1.02	0.99	1.05	1.02	1.07
0.85	0.567	0.03192	0.91	5.189	1.01	1.01	1.07	1.04	1.10	1.07	1.12
0.90	0.636	0.02842	0.96	5.865	1.06	1.06	1.12	1.09	1.15	1.12	1.17
0.95	0.700	0.02546	1.01	6.711	1.11	1.11	1.17	1.14	1.20	1.17	1.22
1.00	0.785	0.02294	1.07	7.156	1.18	1.24	1.22	1.28	1.29	—	—
1.06	0.882	0.02058	1.14	8.245	1.25	1.25	1.31	1.28	1.34	1.31	1.35
1.12	0.958	0.01839	1.20	8.910	1.31	1.31	1.37	1.34	1.40	1.37	1.41
1.18	1.094	0.01654	1.26	9.782	1.37	1.37	1.43	1.40	1.46	1.43	1.47
1.25	1.227	0.01471	1.33	11.10	1.44	1.44	1.50	1.47	1.53	1.50	1.54
1.30	1.327	0.01358	1.38	12.00	1.49	1.49	1.55	1.52	1.58	1.55	1.59
1.35	1431	0.01282	1.43	12.90	1.59	1.65	1.62	1.68	1.65	1.69	—
1.40	1.539	0.01169	1.48	13.90	1.69	1.69	1.75	1.72	1.78	1.75	1.81
1.50	1.767	0.01016	1.58	15.99	1.80	1.80	1.87	1.83	1.90	1.87	1.91
1.60	2.01	0.008915	1.69	18.40	1.90	1.90	1.97	1.93	2.00	1.97	2.01
1.70	2.27	0.007933	1.79	20.37	2.00	2.00	2.07	2.03	2.10	2.07	2.11
1.80	2.54	0.007064	1.89	22.81	1.98	2.00	2.07	2.03	2.10	2.07	2.11
1.90	2.84	0.006331	1.99	25.40	2.08	2.10	2.17	2.13	2.20	2.17	2.21
2.00	3.14	0.005706	2.09	28.20	2.18	2.20	2.27	2.23	2.30	2.27	2.31
2.12	3.53	0.005071	2.21	31.40	2.30	2.32	2.39	2.35	2.42	2.39	2.48
2.24	3.94	0.004057	2.33	36.00	2.42	2.44	2.51	2.47	2.54	2.51	2.60
2.36	4.37	0.004100	2.45	41.23	2.54	2.56	2.63	2.50	2.66	2.63	2.72
2.50	4.91	0.003648	2.59	44.51	2.68	2.70	2.77	2.73	2.80	2.77	2.86

表 11－38　常用电磁线的选用表

耐热等级	电磁线名称型号	用　途
B	双玻璃丝包聚酯漆包线 SBEQZB	适用于脉冲过电压＜500V
	单、双玻璃丝包单层聚酯薄膜绕包线 MBB－1	适用于脉冲过电压＜1000V
	单、双玻璃丝包双层聚酯薄膜绕包线 MBB－2	适用于脉冲过电压＞1000V
F	双玻璃丝包聚酯亚胺漆包线 SBEQZYB	适用于脉冲过电压 500～1000V

表 11－39　漆包圆铜线常用数据

裸导线直径 (mm)	允许公差 (mm)	裸导线截面积 (mm^2)	20℃时直流电阻计算值 (Ω/km)	漆包线最大外径 (mm)		漆包线近似重量 (kg/km)	
				Q	QZ、QQ、QY QXY、QQS	Q	QZ、QQ、QY QXY、QQS
0.020	±0.002	0.00031	55587	—	0.035	—	—
0.025	±0.002	0.00049	35574	—	0.040	—	—
0.030	±0.003	0.00071	24704	—	0.045	—	—
0.040	±0.003	0.00126	13920	—	0.055	—	—
0.050	±0.003	0.00196	8949	0.065	0.065	0.019	0.022
0.060	±0.003	0.0283	6198	0.075	0.090	0.027	0.029
0.070	±0.003	0.0385	4556	0.085	0.100	0.036	0.039
0.080	±0.003	0.00503	3487	0.095	0.110	0.047	0.050
0.090	±0.003	0.00636	2758	0.105	0.120	0.059	0.063
0.100	±0.005	0.00785	2237	0.120	0.130	0.073	0.076
0.110	±0.005	0.00950	1846	0.130	0.140	0.088	0.092
0.120	±0.005	0.01131	1551	0.140	0.150	0.104	0.108
0.130	±0.005	0.01327	1322	0150	0.160	0.122	0.126
0.140	±0.005	0.01539	1139	0.160	0.170	0.141	0.145
0.150	±0.005	0.01767	993	0.170	0.190	0.162	0.167
0.160	±0.005	0.0201	872	0.180	0.200	0.184	0.189
0.170	±0.005	0.0227	773	0.190	0.208	0.213	—
0.180	+0.005	0.0255	689	0.200	0.220	0.233	0.237
0.190	±0.005	0.0284	618	0.210	0.230	0.259	0.264
0.200	±0.005	0.0314	558	0.225	0.240	0.287	0.292
0.210	±0.005	0.0346	506	0.235	0.250	0.316	0.321
0.230	±0.005	0.0415	422	0.255	0.280	0.378	0.386
0.250	±0.005	0.0491	357	0.275	0.300	0.446	0.454
0.270	±0.010	0.0573	306	0.31	0.32	0.522	0.529
0.290	±0.010	0.661	265	0.33	0.43	0.601	0.608
0.31	±0.010	0.0755	232	0.35	0.36	0.689	0.693
0.33	±0.010	0.0855	205	0.37	0.38	0.780	0.784
0.35	±0.010	0.0962	182	0.39	0.41	0.876	0.884
0.38	±0.010	0.1134	155	0.42	0.44	1.03	1.04
0.41	±0.010	0.1320	133	0.45	0.47	1.20	1.21
0.44	±0.010	0.1521	115	0.49	0.50	1.38	1.39
0.47	±0.010	0.1735	101	0.52	0.53	1.57	1.58
0.49	±0.010	0.1886	93	0.54	0.55	1.71	1.72
0.51	±0.010	0.204	85.9	0.56	0.58	1.86	1.87
0.53	±0.010	0.221	79.5	0.58	0.60	2.00	2.02
0.55	±0.010	0.238	73.7	0.60	0.62	2.16	2.17
0.57	±0.010	0.255	68.7	0.62	0.64	2.32	2.34

续表

裸导线直径 (mm)	允许公差 (mm)	裸导线截面积 (mm^2)	20℃时直流电阻计算值 (Ω/km)	漆包线最大外径 (mm)		漆包线近似重量 (kg/km)	
				Q	QZ、QQ、QY QXY、QQS	Q	QZ、QQ、QY QXY、QQS
0.59	±0.010	0.273	64.1	0.64	0.66	2.48	2.50
0.62	±0.010	0.302	58.0	0.67	0.69	2.73	2.76
0.64	+0.010	0.322	54.5	0.69	0.72	2.91	2.94
0.67	±0.010	0.353	49.7	0.72	0.75	3.19	3.21
0.69	±0.010	0.734	46.9	0.74	0.77	3.38	3.41
0.72	±0.015	0.401	43.0	0.78	0.80	3.67	3.70
0.74	±0.015	0.430	40.7	0.80	0.83	3.89	3.92
0.77	±0.015	0.466	37.6	0.83	0.86	4.21	4.24
0.80	±0.015	0.503	34.8	0.86	0.89	4.55	4.58
0.83	±0.015	0.541	32.4	0.89	0.92	4.89	4.92
0.86	±0.015	0.581	30.1	0.92	0.95	5.25	5.27
0.93	±0.015	0.636	27.5	0.96	0.99	5.75	5.78
0.93	±0.015	0.679	25.8	0.99	1.02	6.13	6.16
0.96	±0.015	0.724	24.2	1.02	1.05	6.53	6.56
1.00	±0.015	0.785	22.4	1.05	1.11	7.10	7.14
1.04	±0.020	0.850	20.6	1.12	1.15	7.67	7.72
1.08	±0.020	0.916	19.1	1.16	1.19	8.27	8.32
1.12	±0.020	0.985	17.8	1.20	1.23	8.89	8.94
1.16	±0.020	1.057	16.6	1.24	1.27	9.53	9.59
1.20	±0.020	1.131	15.5	1.28	1.31	10.2	10.4
1.25	±0.020	1.227	14.3	1.33	1.36	11.1	11.2
1.30	±0.020	1.327	13.2	1.38	1.41	12.0	12.1
1.35	±0.020	1.431	12.3	1.43	1.46	12.9	13.0
1.40	±0.020	1.539	11.3	1.48	1.51	13.9	14.0
1.45	±0.020	1.651	10.6	1.53	1.56	14.9	15.0
1.50	±0.020	1.767	9.93	1.58	1.61	15.9	16.0
1.56	±0.020	1.911	9.17	1.64	1.67	17.2	17.3
1.62	±0.020	2.06	8.50	1.71	1.73	18.5	18.6
1.68	±0.025	2.22	7.91	1.77	1.79	19.9	20.0
1.74	±0.025	2.38	7.37	1.83	1.85	21.4	21.4
1.81	±0.025	2.57	6.81	1.90	1.93	23.1	23.3
1.88	±0.025	2.78	6.31	1.97	2.00	25.0	25.2
1.95	±0.025	2.99	5.87	2.04	2.07	26.8	27.0
2.02	±0.025	3.21	5.47	2.12	2.14	28.9	29.0
2.10	±0.025	3.46	5.06	2.20	2.23	31.2	31.3
2.26	±0.030	4.01	4.37	2.36	2.39	36.2	36.3
2.44	±0.030	4.68	3.75	2.54	2.57	42.1	42.2

表 11－40　常用电动机引出线的型号和主要用途

标准号	型　号	产品名称	主要用途
Q/SL－232－65	JACL－2	二层漆绸，纤维编织腊克电线	适用于交流 380V 及以下的电机，电器线圈用于温度为 100℃以下
	JACL－4	四层漆绸，纤维编织腊克电线	
	JACL－6	六层漆绸，纤维编织腊克电线	
	JACL－8	八层漆绸，纤维编织腊克电线	
	JBV	耐热聚氯乙烯绝缘电线	适于交流额定电压 380V 及以下的电机、电器、电表作引出线用，使用温度为 90℃及以下
Q/SL 02－65	JBX	丁基橡胶绝缘电机引出线	适于交流额定电压 500V 及以下电机引出线用，使用温度 80℃及以下
	JBXHF	丁基橡胶绝缘耐燃护套电机引出线	适于交流额定电压 500V 及以下耐燃电机引出线用，使用温度为 80℃及以下
	JHX	硅橡胶绝缘电机引出线	适于交流额定电压 380V 及以下电机引出线用，使用温度为 180℃及以下

表 11－41　电机引出线截面积数据表

额定电流(A).	引出线截面积(mm^2)	额定电流(A)	引出线截面积(mm^2)	额定电流(A)	引出线截面积(mm^2)	额定电流(A)	引出线截面积(mm^2)
6 以下	1	21～30	4	61～90	16	151～190	50
6～10	1.5	31～45	6	91～120	25	191～240	70
11～20	2.5	40～60	10	121～150	35	241～290	95

表 11－42　常用有溶剂绝缘浸渍漆型号、特性及用途

名　称	型号	耐热等级	主要成分	特点及用途
沥青漆	L30－9 1010 1011	A	石油沥青、干性植物油等，溶剂为 200 号溶剂汽油和二甲苯	耐潮，耐温度变化，适用于不要求耐油的电机、电器线圈的浸渍
甲酚清漆	1014	A～E	甲酚甲醛树脂、亚麻油、桐油等，溶剂为二甲苯、甲苯和部分松节油	易于干燥，具有良好的介电和耐油性，但对油性漆包线有侵蚀作用，适用于电机、电器线圈浸渍
醇酸绝缘漆	1030	B	桐油、亚麻油、松香改性醇酸树脂，溶剂为 200 号溶剂汽油	耐油性和弹性好，漆膜平滑有光泽，适用于要求耐油的电机线圈浸渍，也可作覆盖漆用
丁基酚醛醇酸漆	1031	B	蓖麻油改性醇酸树脂、丁醇改性酚醛树脂，溶剂为二甲苯和 200 号溶剂汽油	耐热、耐潮、耐霉、介电性能较高，干透性较好，适用于湿热带地区用电机线圈的浸渍
三聚氰胺醇酸漆	1032 A30－1	B	油改性醇酸树脂、丁醇改性三聚氰胺树脂，溶剂为二甲苯和 200 号溶剂汽油	有较好的耐热、耐潮和介电性能，热固化性好，耐电弧，供湿热带地区电机、电器线圈浸渍用
环氧醇酸漆	8340 H30－6	B	三聚氰胺树脂，酸性醇酸树脂与环氧树脂共聚物	黏结力强，耐潮性、内干性好，机械强度高，适用于湿热带地区电机线圈的浸渍
聚酯浸渍漆	155 Z30－2	F	干性植物油改性对苯二甲酸聚酯树脂，溶剂为二甲苯和丁醇	耐热性、电气性能较好，黏结力强，供浸渍 F 级电机、电器线圈用

续表

名　称	型号	耐热等级	主要成分	特点及用途
有机硅浸渍漆	1053 W30－1	H	有机硅树脂，溶剂为二甲苯	耐热性和电气性能较好，烘干温度较高，供浸渍H级电机、电器线圈用
低热干燥有机硅漆	9111	H	有机硅树脂，固化剂、溶剂为甲苯	耐热性比1053稍差，烘干温度低、干燥快，用途与1053相同
聚酯改性有机硅漆	931 W30－P	H	聚酯改性有机硅树脂，溶剂为二甲苯	耐潮性和电气性能好，黏结力较强，烘干温度较1053低，如加入固化剂则150℃固化，用途同1053
有机硅玻璃丝包漆	1152	H	有机硅树脂，溶剂为甲苯和二甲苯	耐潮性和电气性能好，漆膜柔软，机械强度高，供浸涂H级玻璃丝包线
聚酰胺酰亚胺浸渍漆	FAI－Z	H	聚酰胺酰亚胺树脂，溶剂为二甲基乙栈胺，稀释剂为二甲苯	耐热性优于有机硅漆，电气性能优良，耐辐照性好，黏结力强，供浸渍耐高温电机线圈用

表11－43　常用无溶剂浸渍绝缘漆型号、特性及用途

名　称	型号	耐热等级	主要成分	特点及用途
环氧无溶剂漆	110	B	6101环氧树脂，桐油酸酐，松节油酸酐，苯乙烯	黏度低，击穿强度高，贮存稳定性好，可用于沉浸小型低压电机，电器线圈
环氧无溶剂漆	672－1	B	672环氧树脂，桐油酸肼，苄基二甲胺，70酸酐	挥发物少、固化快，体积电阻高，适于滴浸小型低压电机，电器线圈
环氧无溶剂漆	9102	B	618或6101环氧树脂，桐油酸酐，70酸酐，903或901固化剂，环氧丙烷丁基醚	挥发物少，固化较快，可用于滴浸小型低压电机电器线圈
环氧无溶剂漆	111	B	6101环氧树脂，桐油酸酐，松节油酸酐，苯乙烯，二甲基咪唑乙酸盐	黏度低，固化快，击穿强度高，可用于滴浸小型低压电机，电器线圈
环氧无溶剂漆	H30－5	B	苯基苯酚环氧树脂，桐油酸酐，二甲基咪唑	特点及用途与111相同
环氧无溶剂漆	594型	B	618环氧树脂，594固化剂，环氧丙烷丁基醚	黏度低、固化较快，贮存稳定性好，可用于整浸中型高压电机，电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆	1034	B	618环氧树脂，甲基丙烯酸聚酯，不饱和聚酯正钛酸丁酯，过氧化二苯甲酰，萘酸钴，苯乙烯	挥发物较少，固化快，耐霉性较差，用于滴浸小型低压电机，电器线圈
聚丁二烯环氧聚酯无溶剂漆		B	聚丁二烯环氧树脂，甲基丙烯酸聚酯，不饱和聚酯，邻苯二甲酸，二丙烯酯，过氧化二苯甲酰，萘酸钴	黏度较低，挥发物较少，固化较快，贮存稳定性好，用于沉浸小型低压电机，电器线圈
环氧聚酯酚醛无溶剂漆	5152－2	F	6101环氧树脂，丁醇改性甲酚甲醛树脂，不饱和聚酯，桐油酸酐，过氧化二苯甲酰，苯乙烯	黏度低，击穿强度高，贮存稳定性好，用于沉浸小型低压电机，电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆	EIU	F	不饱和聚酯亚胺树脂，618和6101环氧酯，桐油酸酐，过氧化二苯甲酰，苯乙烯，对苯二酚	黏度低，挥发物较少，击穿强度高，贮存稳定性好，用于沉浸小型F级电机电器线圈
不饱和聚酯无溶剂漆	319－2	F	二甲苯树脂，改性间苯二甲酸不饱和聚树脂，苯乙烯，过氧化二异丙苯	黏度较低，电气性能较好，贮存稳定，可用于沉浸小型F级电机、电器线圈

表 11－44　薄膜复合材料的型号、规格及用途

名　称	型 号	规格(mm)	耐热等级	击穿电压(kV)	所用薄膜	所用底材	主要用途
聚酯薄膜复合纸板	2920 西 290	0.15、0.20 0.25、0.30	A～E	6.5	聚酯薄膜	绝缘纸板(QB342/63)	供A、E级电机作槽衬及线圈的匝间、相间绝缘用
聚酯薄膜复合布箔		0.15、0.17、0.20 0.24、0.25、0.30	A～E	8.0	聚酯薄膜	黄漆布、(或黄漆绸)	
聚酯薄膜复合玻璃漆布箔	2930 西 292 哈 2921 上 2252	0.17 0.20 0.24	B	8.0	聚酯薄膜	2432 醇酸玻璃漆布	供E、B级和热带电机作槽衬及线圈层间、相间绝缘用
聚四氟乙烯玻璃漆布箔			C		聚四氟乙烯薄膜	经处理的玻璃布	供C级电机作槽绝缘，线圈匝间、相间绝缘用
芳香聚酰亚胺粉云母板玻璃箔	云 702－1 云 702－2	0.20 0.25	B～H		芳香聚酰亚胺薄膜	玻璃布粉云母纸	用于B～F级电机作槽绝缘，线圈匝间、相间绝缘

表 11－45　各种电刷的技术特性及工作条件

电刷类型	牌号	电阻系数($\Omega\cdot mm^2/m$)	一对电刷上的接触电压降(V)	摩擦系数不大于	50h磨损率不大于(mm)	工作条件			代号型号
						电流密度(A/cm^2)	圆周速度(m/s)	电刷压力(N/cm^2)	
碳－石墨电刷	T－2	33～58	1.5～2.5	0.30	0.10	6	10	2.0～2.5	—
	T2S－2	15～30	1.6～2.4	0.25	0.30	8	15	2.0～2.5	—
石墨电刷	S－1	27～46	1.7～2.7	0.30	0.20	7	12	2.0～2.5	—
	S－3	8～20	1.5～2.3	0.25	0.20	11	25	2.0～2.5	—
	S－4	10～30	1.8～2.6	0.25	0.20	12	50	2.0～2.5	T3
电化石墨电刷	DS－22	14～35	2.0～3.2	0.23	0.15	10	45	2.0～2.5	S3
	DS－4	6～16	1.6～2.4	0.20	0.25	12	40	1.5～2.0	S3
	DS－8	31～50	1.9～2.9	0.25	0.15	10	40	2.0～4.0	S3
	DS－13	22～40	2.5～3.5	0.25	0.15	10	40	2.0～4.0	S3
	DS－14	22～36	2.0～3.0	0.25	0.15	10	40	2.0～4.0	DS－4
	DS－51	25～50	2.4～3.8	0.20	0.15	12	60	2.0～4.0	DS－8
	DS－52	10～20	2.0～3.2	0.23	0.15	12	50	2.0～2.5	DS－22
	DS－72	10～16	2.4～3.4	0.25	0.20	12	75	1.5～2.2	DS－4
	FS－74	35～80	3.2～4.4	0.25	0.30	12	50	2.0～4.0	DS－14
	DS－79	20～43	1.6～2.6	0.25	0.25	12	40	2.0～4.0	DS－8
金属石墨电刷	T－1	1～6	1.0～2.0	0.25	0.18	15	25	1.5～2.0	T－6
	T－3	2～5	1.4～2.2	0.25	0.15	12	20	1.5～2.0	T－6
	T－6	1～6	1.0～2.0	0.20	0.30	15	25	1.5～2.0	—
	T－16	2～6	1.0～2.0	0.25	0.20	15	25	1.5～2.2	T－6
	T－20	4～12	1.0～1.8	0.26	0.80	12	20	1.5～2.2	—
	TS	0.03～0.15	0.1～0.3	0.20	0.40	20	20	1.8～2.3	—
	TS－2	0.10～0.35	0.3～0.7	0.20	0.30	20	20	1.8～2.3	—
	TS－4	0.20～1.0	0.6～1.6	0.20		15	20	2.0～2.5	—
	TS－51	0.04～0.12	0.15～0.35	0.20	0.60	25	20	1.8～2.3	TS TS－2
	TS－64	0.05～0.15	0.1～0.3	0.20	0.70	20	20	1.8～2.3	TS TS－2
	TSQ－5	1～12	<2.0	0.25	0.50	15	35	1.5～2.0	—
	TSQ－15	1～12	<1.6	0.25	0.15	15	35	1.5～2.0	TSQ－5 T－1
	TSQ－17	1～12	<1.9	0.25	0.40	15	35	1.5～2.3	TS－4 TSQ－5
	TSQA	<0.25	<0.4	0.25	0.80	20	20	1.8～2.3	

表 11－46　电机轴承最大磨损允许值

滑动轴承间隙				滚动轴承间隙			
轴的直径(mm)	径向间隙(mm)			轴承内径(mm)	径向间隙(mm)		
	转速 1000r/min 以下	1000～1500 r/min	1500r/min 以上		新滚珠轴承	新滚柱轴承	磨损最大许可值
18～30	0.040～0.093	0.060～0.130	0.140～0.280	20～30	0.01～0.02	0.03～0.05	0.1
30～50	0.050～0.112	0.075～0.160	0.170～0.340	35～50	0.01～0.02	0.05～0.07	0.2
50～80	0.065～0.135	0.095～0.195	0.200～0.400	55～80	0.01～0.02	0.06～0.08	0.2
80～120	0.080～0.160	0.120～0.235	0.230～0.460	85～120	0.02～0.03	0.08～0.10	0.3
120～180	0.100～0.195	0.150～0.285	0.260～0.530	130～150	0.02～0.04	0.10～0.12	0.3

表 11－47　电动机振动允许值

电动机振动(两倍振幅值)允许值				滑动轴承上电机轴伸窜动间隙(轴向移动)		
转　速 (r/min)	振动值(mm)	转　速 (r/min)	振动值 (mm)	电机容量 (kW)	轴向移动量	
					向一侧(mm)	向两侧(mm)
500	0.2	1500	0.090	10 以下	0.5	1.0
				10～20	0.75	1.5
600	0.16	1800	0.080	30～70	1.0	2.0
				70～125	1.5	3.0
750	0.12	2000	0.075	125 以上	2.0	4.0
100	0.10	3000	0.05	轴径＞200mm	轴径 2%	

表 11－48　滚动轴承润滑油的选择

名　称	牌　号	序号	最高工作温度(℃)	最低工作温度(℃)	抗水性	外　观	适用电机
钙基润滑脂	SYB1401－62	1	70	不低于－10	不易溶于水，抗水性较强	黄色到暗褐色软膏状	一般工作温度，有水分或与水分接触的条件下，适用于封闭式电机
		2	75				
		3	80				
		4	85				
钠基润滑脂	SYB1402－62	1	120	不低于－10	易溶于水，亲水性强	深黄色到暗褐色软膏状	较高工作温度，清洁无水分的条件下，适用于开启式电机
		2	140				
钙钠基润滑脂	SYB1403－59	1	110	不低于－10	抗水性弱	黄色到深棕色软膏状	较高工作温度，允许有水蒸汽的条件下，适用于开启式及封闭式电机
		2	125				
复合钙基润滑脂	SYB1407－59	1	170	不低于－40	抗水性强	淡黄色到暗褐色，光滑透明油膏状	高温工作条件下，有水接触及严重水分的场合，适用于封闭式电机
		2	180				
		3	190				
		2	200				
复合铝基润滑脂	—	—	200	—	抗水性强	黄色或褐色软膏状	高温工作条件，有水接触及严重水分的场合，适用于开启式及封闭式电机
二硫化钼润滑脂	HSY－101 103	—	200	不低于－40	抗水性强	灰色或褐色光泽软膏状	高温工作条件及严重水分的场合，特别适用于湿热带电机

第 12 章　单相电动机绕组接线图集

单相电动机的容量一般均比较小，且种类繁多、性能各异。根据单相电动机工作原理、结构的不同，通常分为异步电动机、同步电动机、串励电动机三大类。它们被广泛应用于生产、生活的各个方面，是一种量大面广的拖动机械。

单相电动机的定、转子绕组及其接法，更是型式多样、复杂多变。其定子绕组一般均采取主绕组、辅助绕组这样两套绕组的布置方式。近年来在需要调速的单相电动机中，亦有加装第三套调速绕组的设计。定子绕组的型式则在继续采用传统的集中式磁极绕组和单层同心式、链式、双层叠绕组的同时，性能优良的正弦绕组也日益广泛地用于普通单相电动机的定子绕组。单相串励电动机的电枢绕组则仍多采用单叠绕组，其定子绕组与异步电动机相同。

本章编绘了 JX、JY、JZ；BO_2、CO_2、DO_2；G、U 等 20 多个系列，以及洗衣机、空调器、电冰箱、电风扇等单相电动机绕组接线图、布置图近 300 余幅，供读者应用中参考。

第 1 节　单相电动机绕组接线原理图

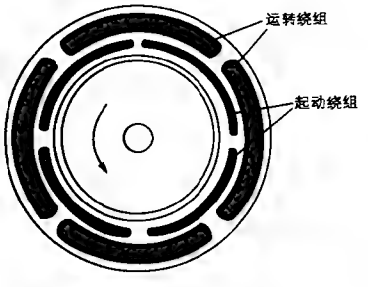


图 12-1　4极分相式绕组排列图

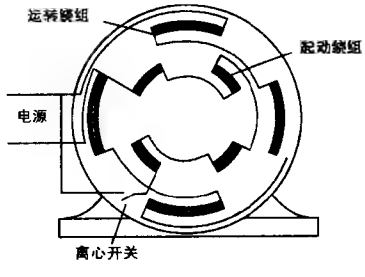


图 12-2　4极分相式绕组接线原理图

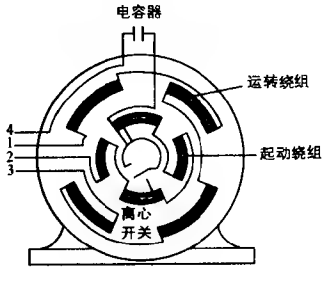


图 12-3　4 极电容起动式绕组接线原理图

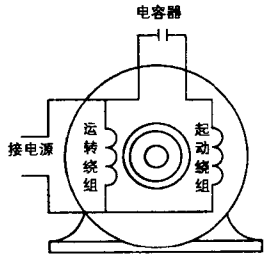


图 12-4　电容运转式绕组接线原理图

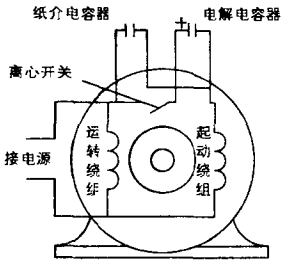


图 12-5　电容起动运转式绕组接线原理图

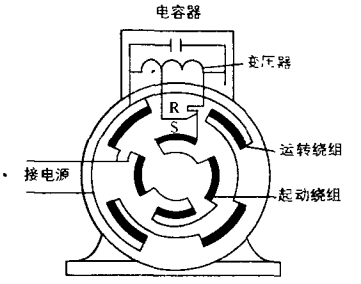


图 12-6　电容变压器式绕组接线原理图

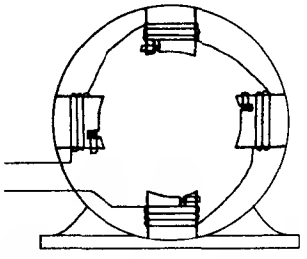


图 12-7　4极集中罩极式绕组接线原理图

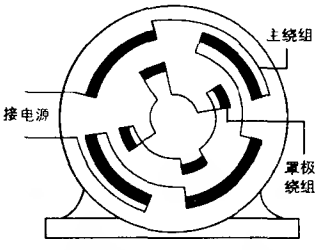


图 12-8　4极分布罩极式绕组接线原理图

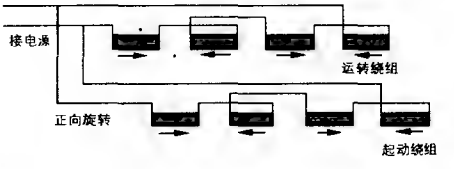


图 12－9　互换起动绕组的两根线端即可改变旋转方向

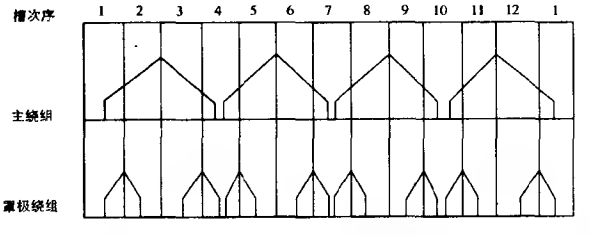


图 12－10　4 极 12 槽可逆转罩极式绕组布置图

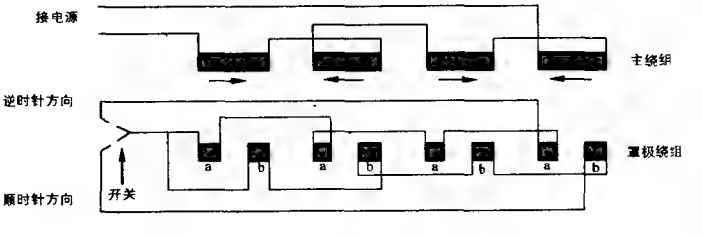


图 12－11　4 极可逆转罩极式绕组接线原理图

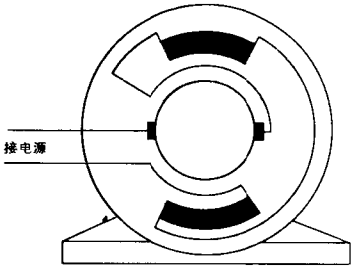


图 12－12　2 极整流子式绕组接线原理图

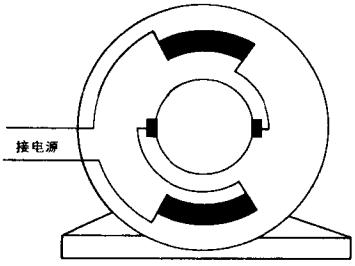


图 12－13　2 极整流子式电枢绕组串接在两磁极绕组之间的接法

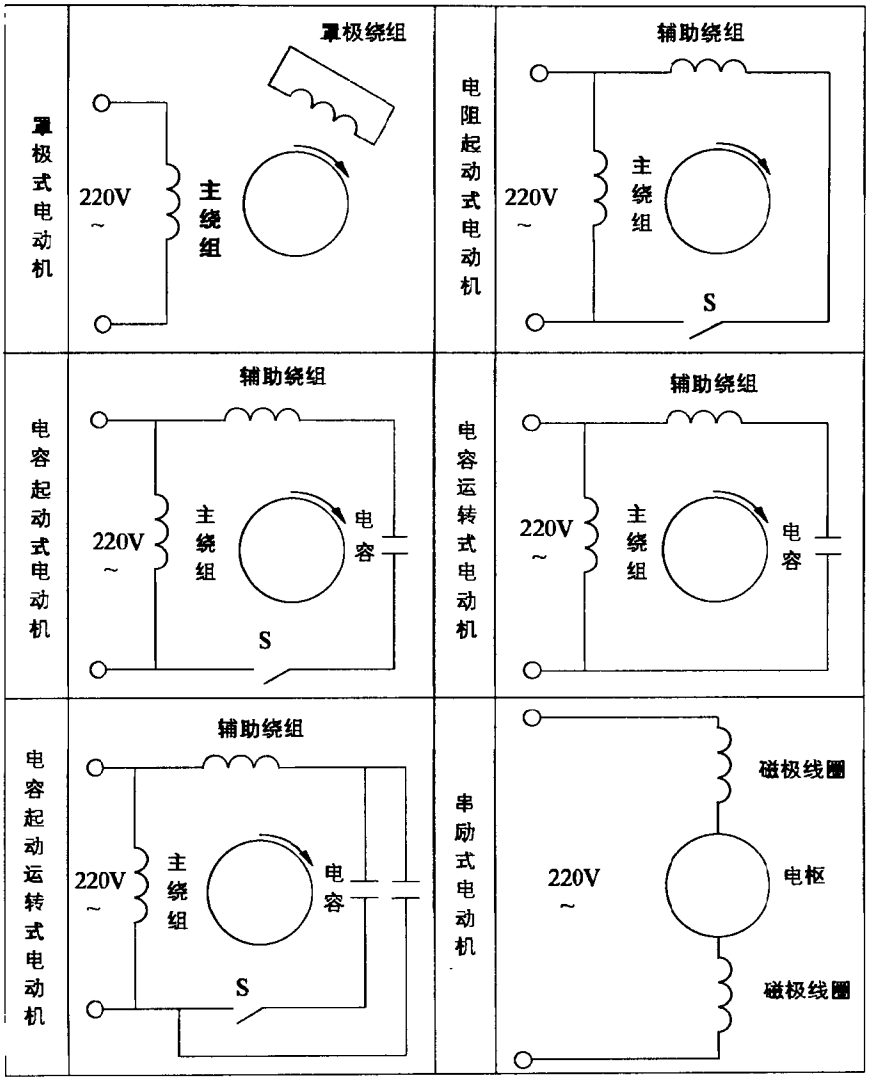


图 12－14　单相电动机绕组原理接线图

第 2 节　单相电动机定子绕组常用接线展开图

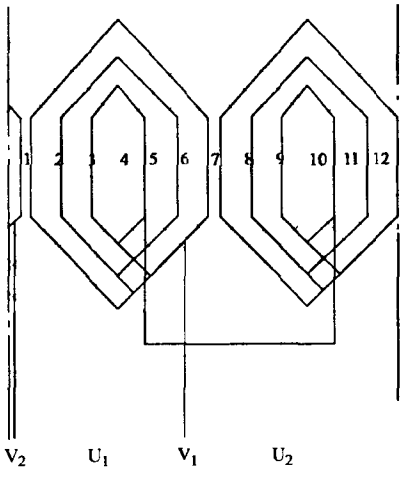


图 12－15　2 极 12 槽单相同心绕组接线展开图

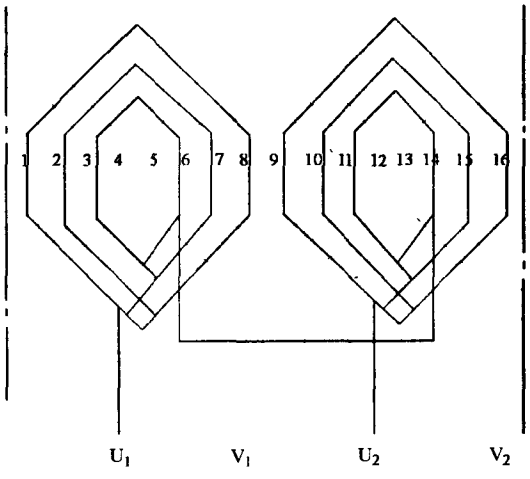


图 12－16　2 极 16 槽单相同心绕组接线展开图(1)

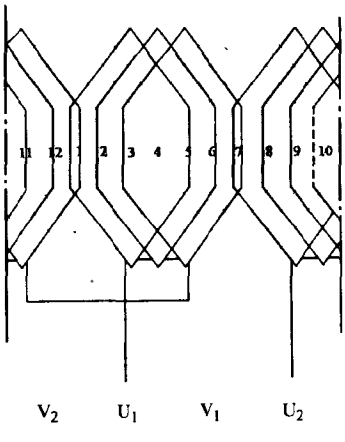


图 12－18　2 极 12 槽单相双层叠绕组接线展开图

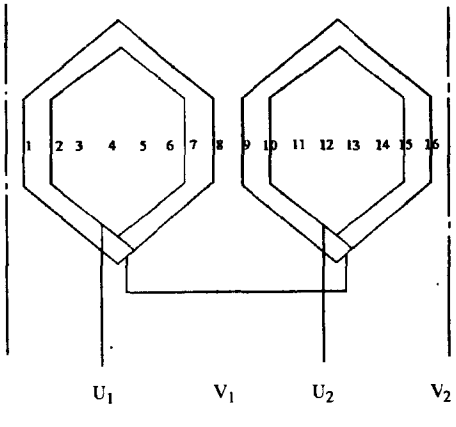


图 12－17　2 极 16 槽单相同心绕组接线展开图(2)

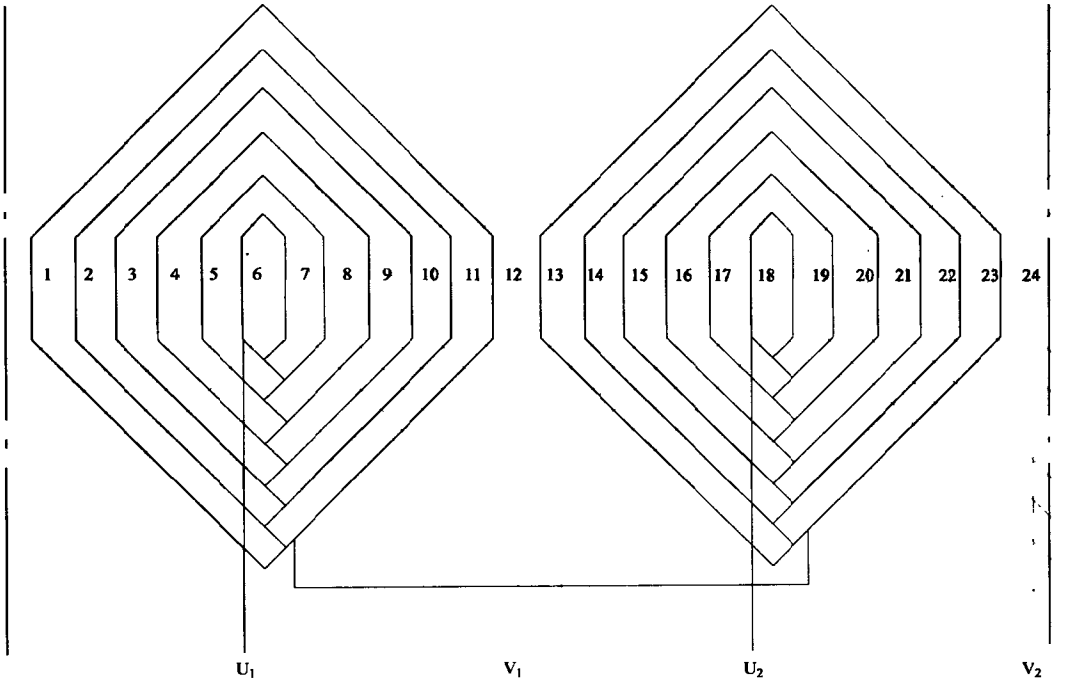


图 12－19　2 极 24 槽单相同心绕组接线展开图

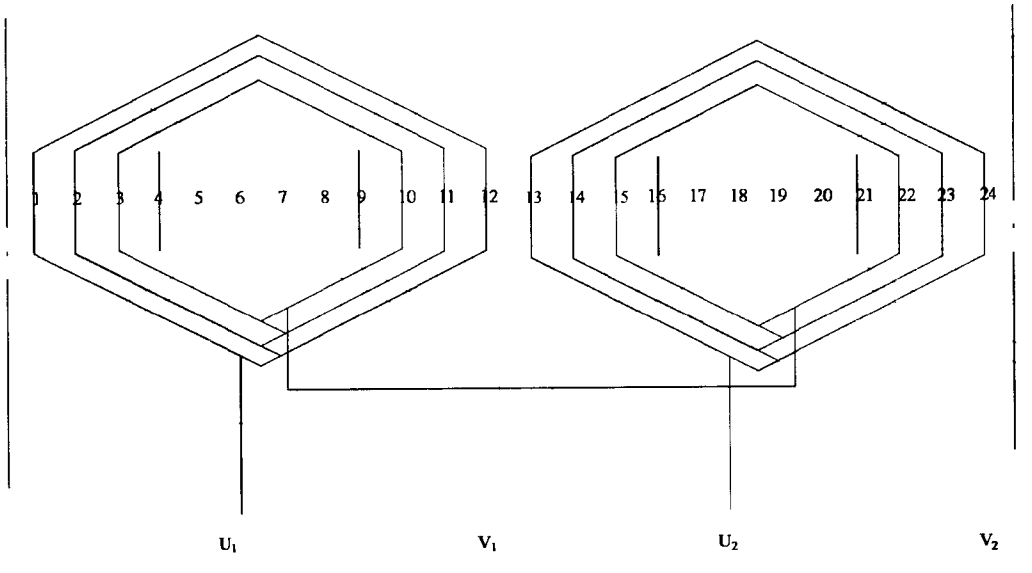


图 12－20　2 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(1)

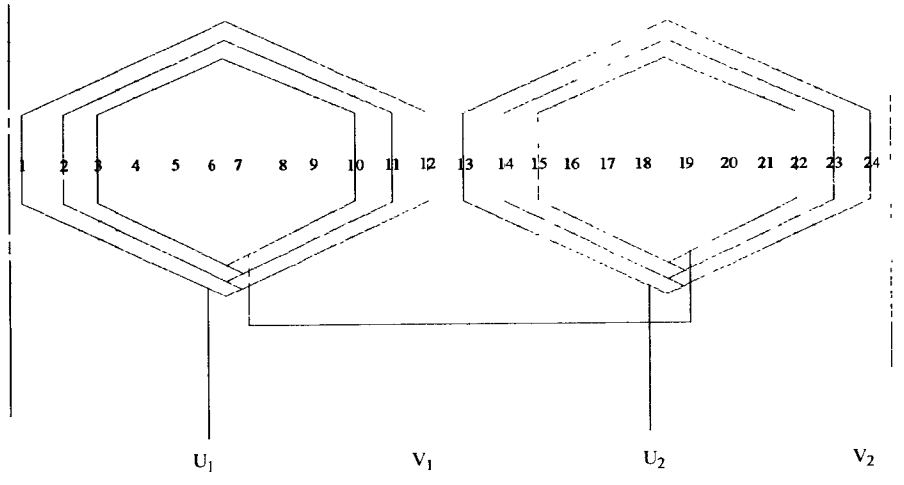


图 12－21　2 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(2)

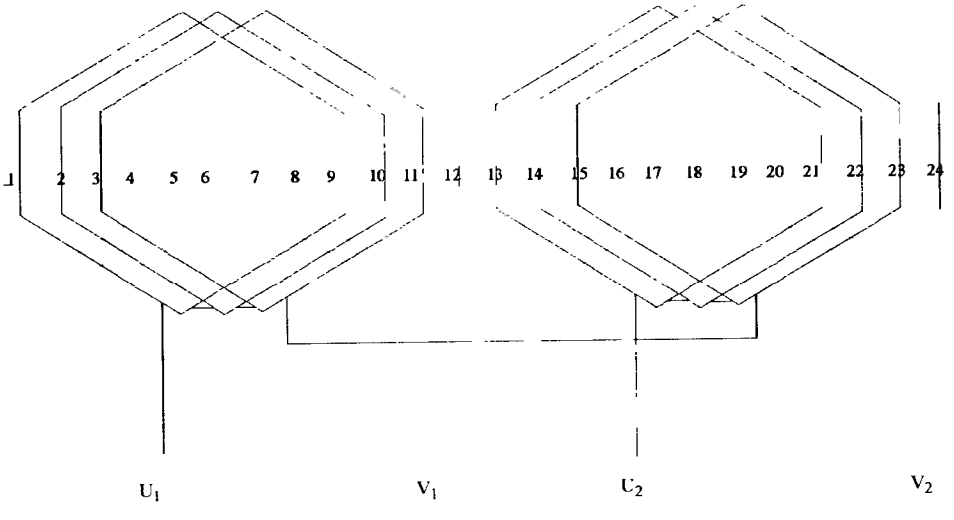


图 12－22　2 极 24 槽单相单层链式绕组接线展开图(1)

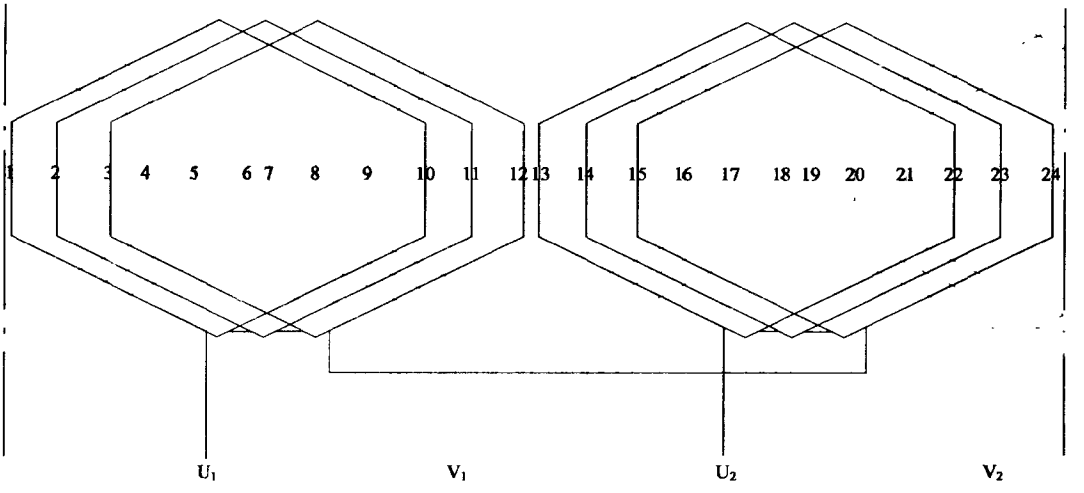


图 12－23　2 极 24 槽单相单层链式绕组接线展开图(2)

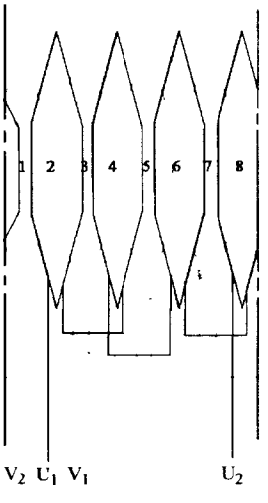


图 12－24　4 极 8 槽单相双层叠绕组接线展开图

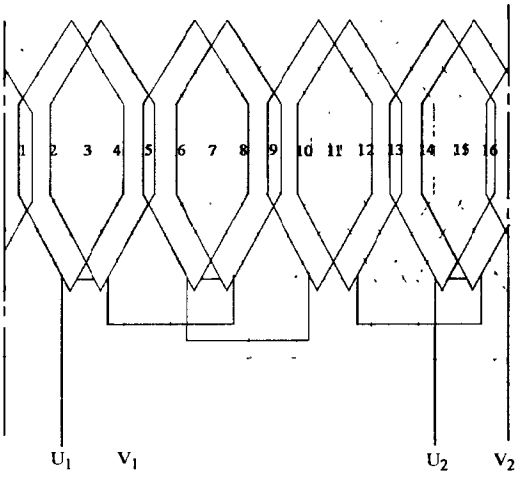


图 12－25　4 极 16 槽单相双层叠绕组接线展开图

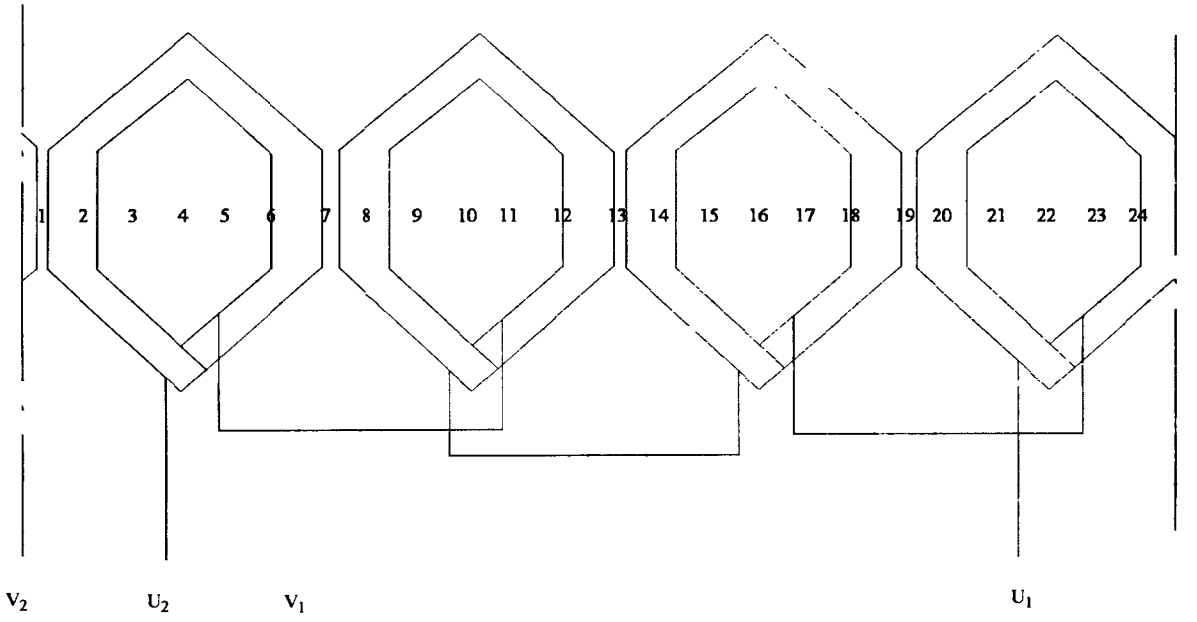


图 12－26　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(1)

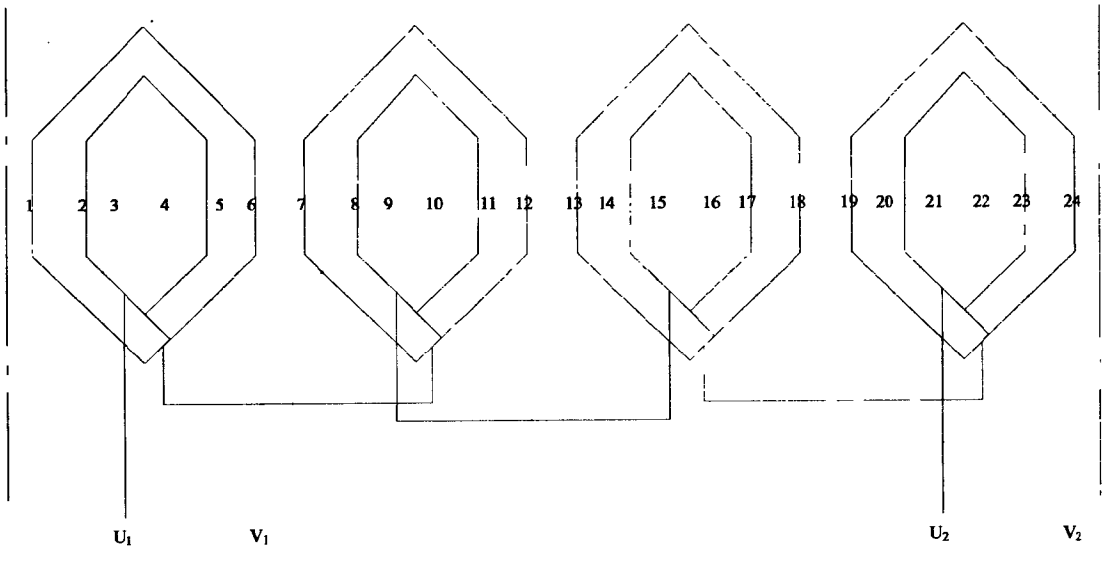


图 12－27　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(2)

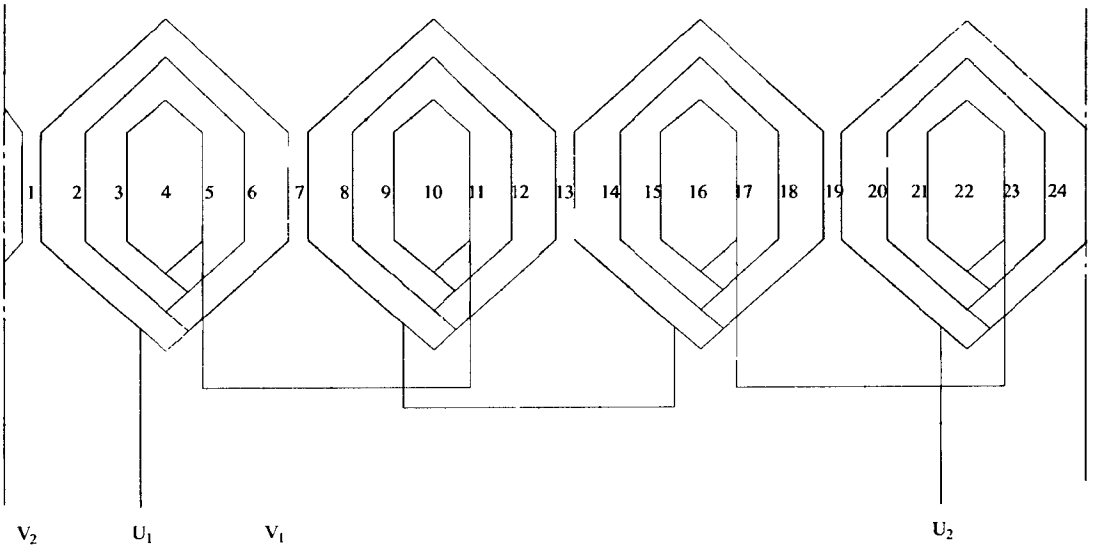


图 12－28　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(3)

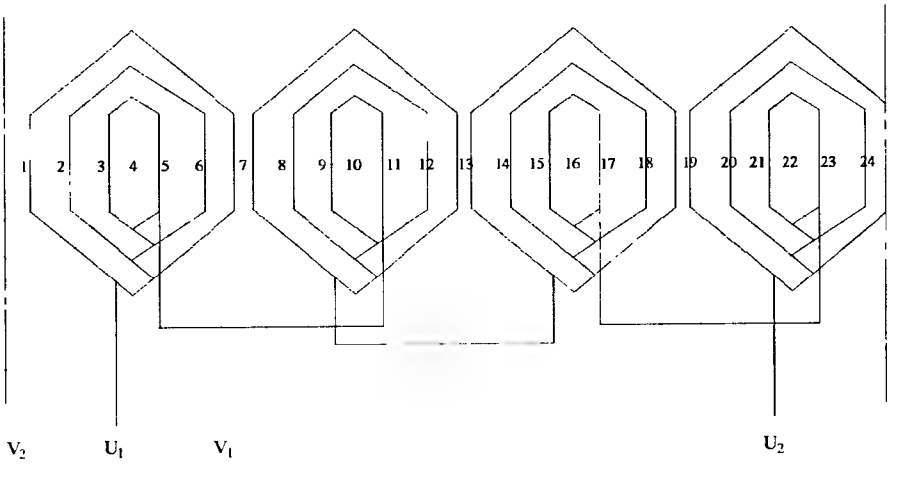


图 12－29　4 极 24 槽单相同心绕组接线展开图(4)

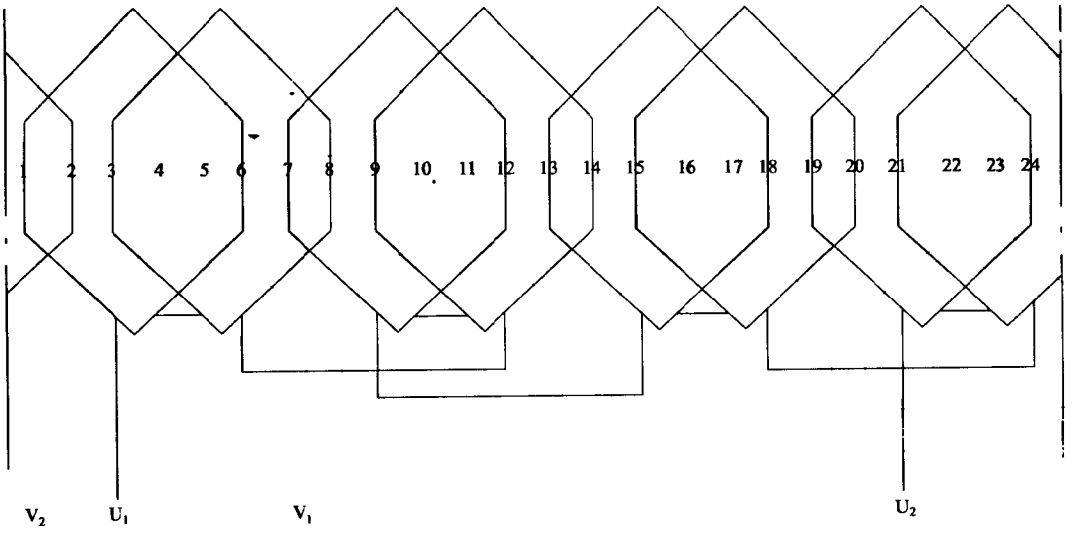


图 12－30　4 极 24 槽单相单层链式绕组接线展开图

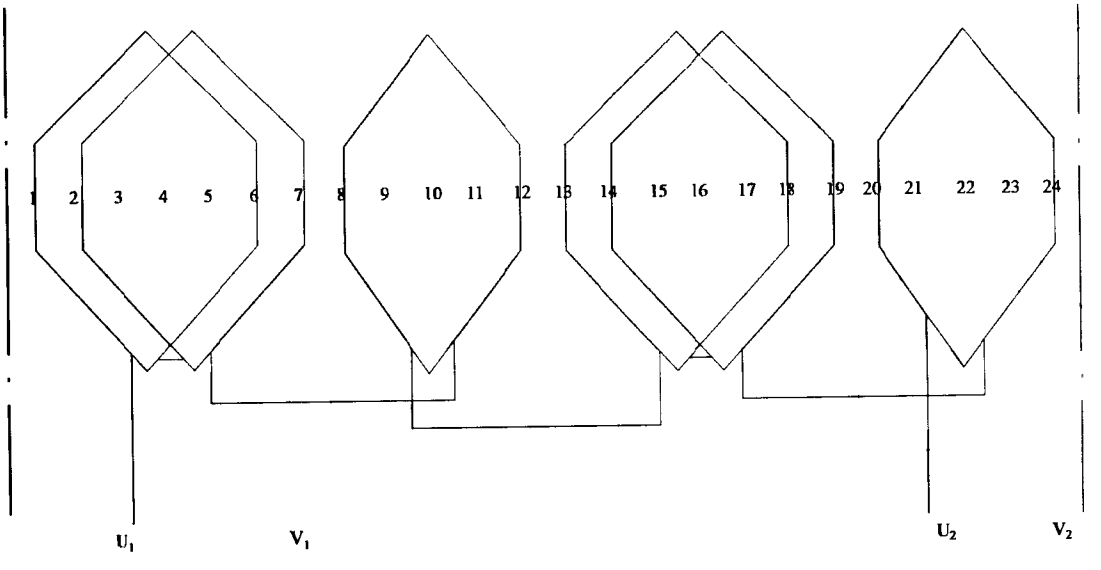


图 12－31　4 极 24 槽单相单层交叉式绕组接线展开图

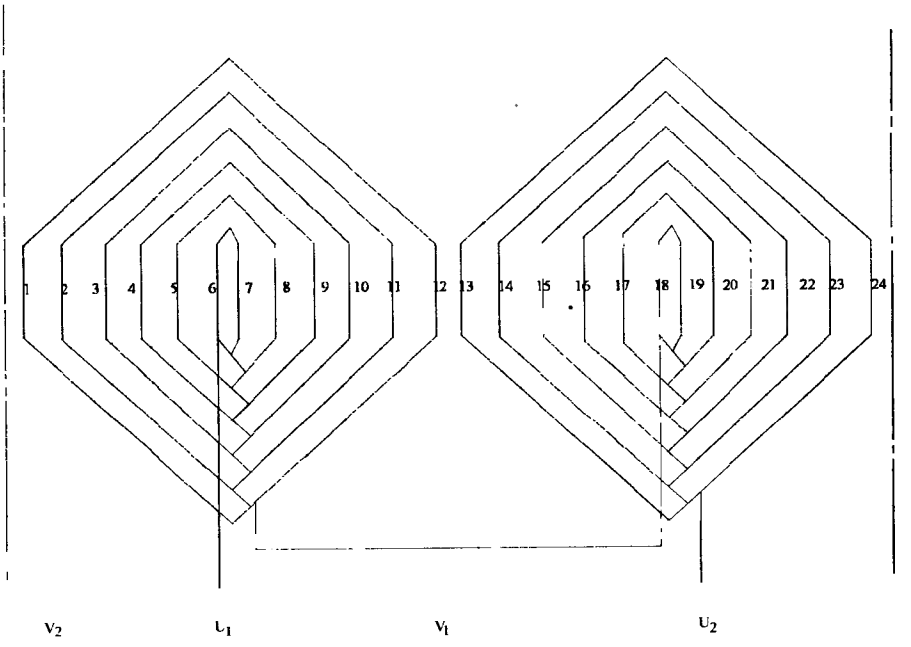


图 12－32　4 极 24 槽单相同心绕组庶极接法接线展开图

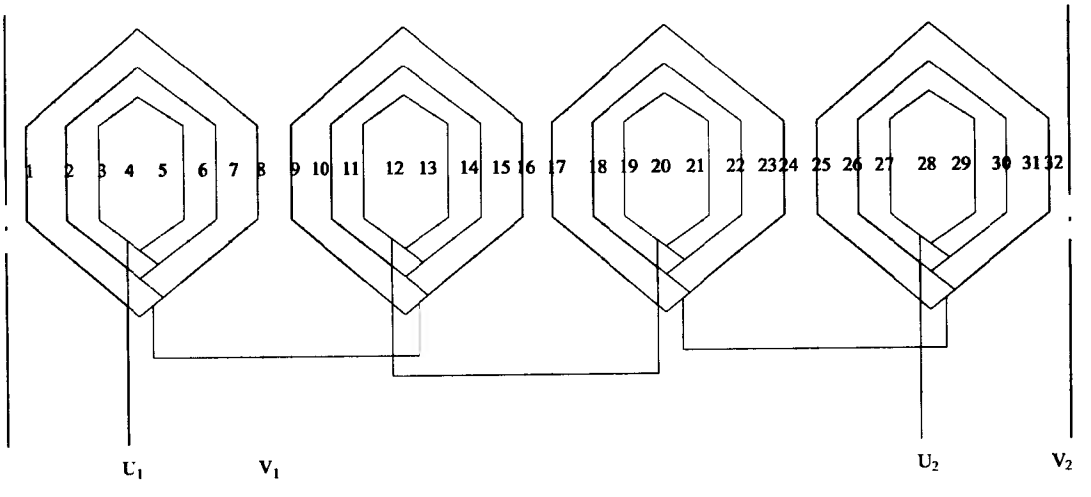


图 12－33　4 极 32 槽单相同心绕组接线展开图

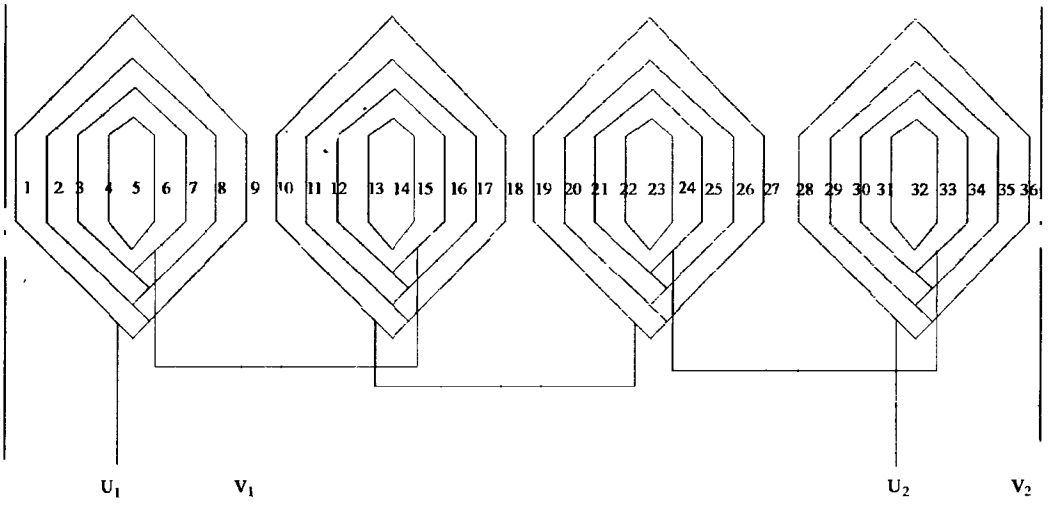


图 12－34　4 极 36 槽单相同心绕组接线展开图

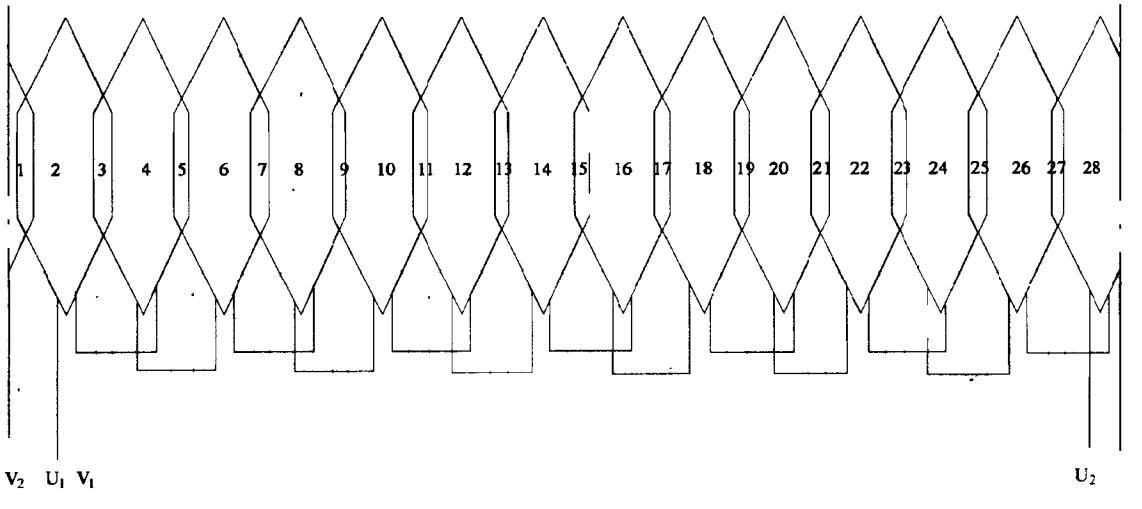


图 12－35　4 极 28 槽单相双层叠绕组接线展开图(用于吊扇电动机)

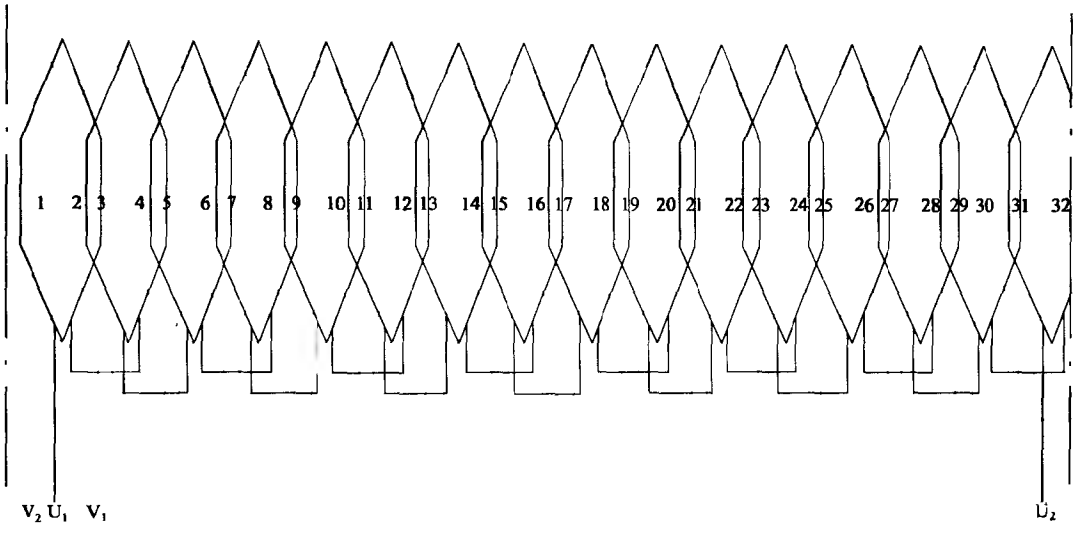


图 12－36　16 极 32 槽单相双层叠绕组接线展开图(用于吊扇电动机)

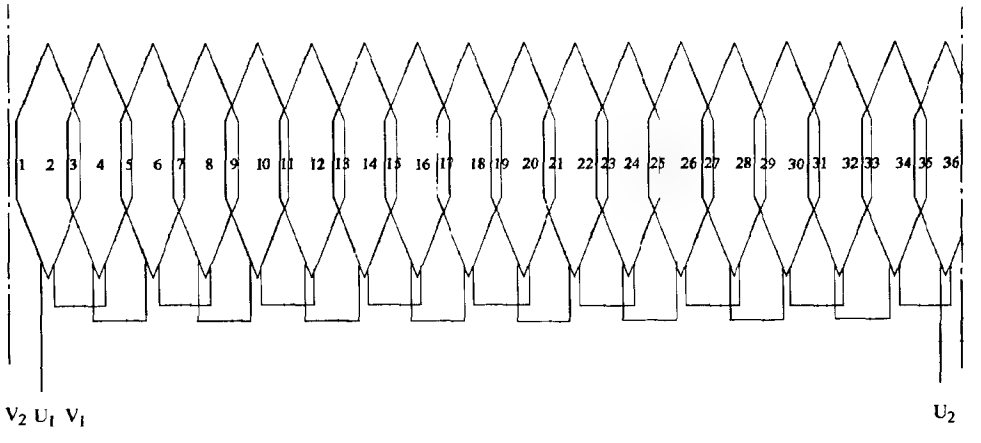
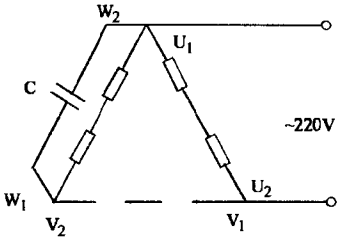
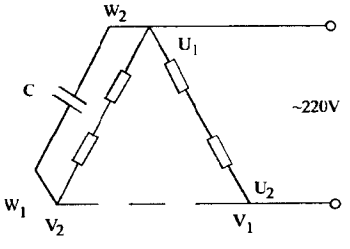


图 12－37　18 极 36 槽单相双层叠绕组接线展开图(用于吊扇电动机)



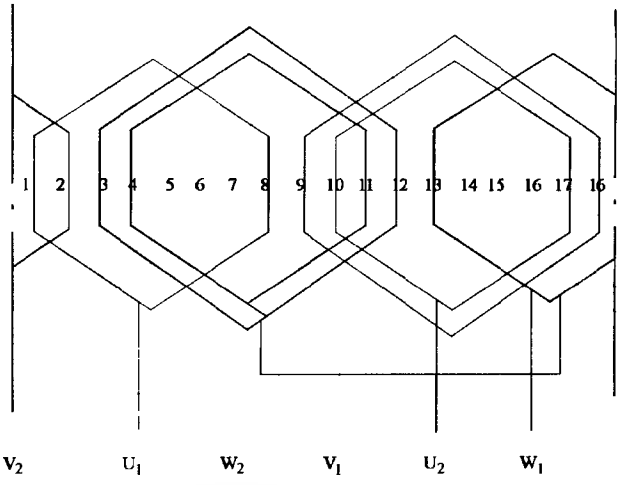
(b)接入单相电源时的联接

电动机定子绕组按三相电机绕组的规律分布与联接，然后再作二相电机单相运行联接	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=18$
每极每相槽数：$q=3$	节距：$Y=\frac{1/1-8}{2/1-9\ 2-8}$
每槽匝数=300	接法：3 相绕组单相运行



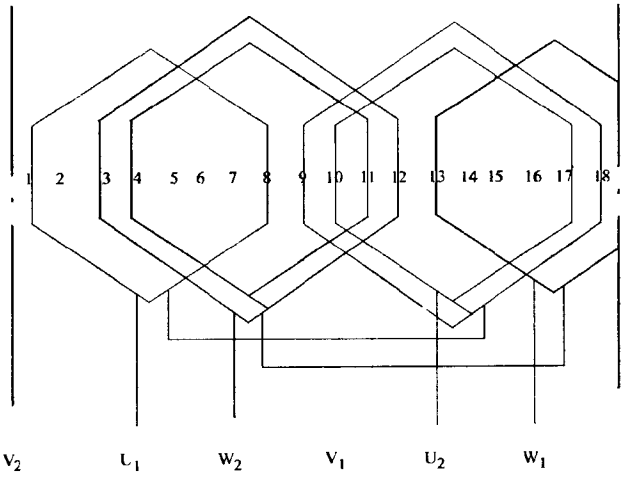
(b)接入单相电源时的联接

电动机定子绕组按三相电机绕组的规律分布与联接，然后再作三相电机单相运行联接	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=18$
每极每相槽数：$q=3$	节距：$Y=\frac{1/1-8}{2/1-9\ 2-8}$
每槽匝数=364	接法：3 相绕组单相运行



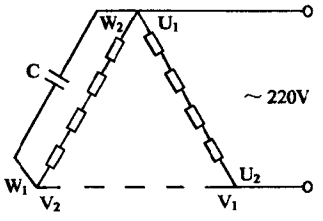
(a)按三相绕组布置时的联接

图 12－38　JX07A－2　90W 绕组接线展开图



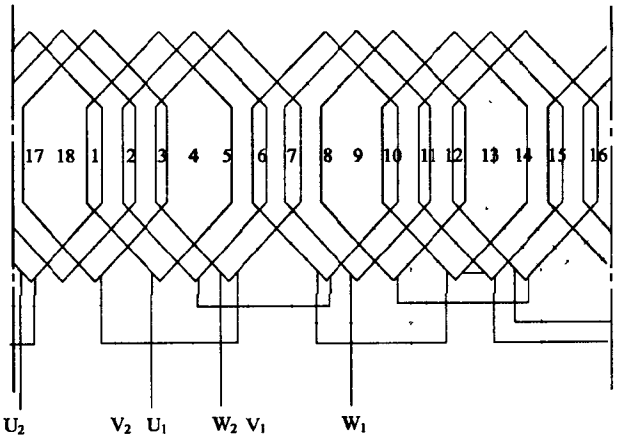
(a)按三相绕组布置时的联接

图 12－39　JX07B－2　60W 绕组接线展开图



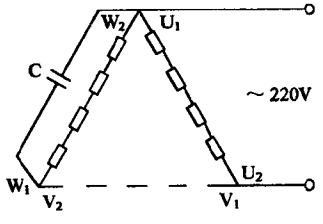
(b)接入单相电源时的联接

电动机定子绕组按三相电机绕组的规律分布与联接，然后再作三相电机单相运行联接	
极数：$2p=4$	槽数：$Z=18$
每极每相槽数：$q=3$	节距：$Y=1-5$
每槽匝数=235	接法：3 相绕组单相运行



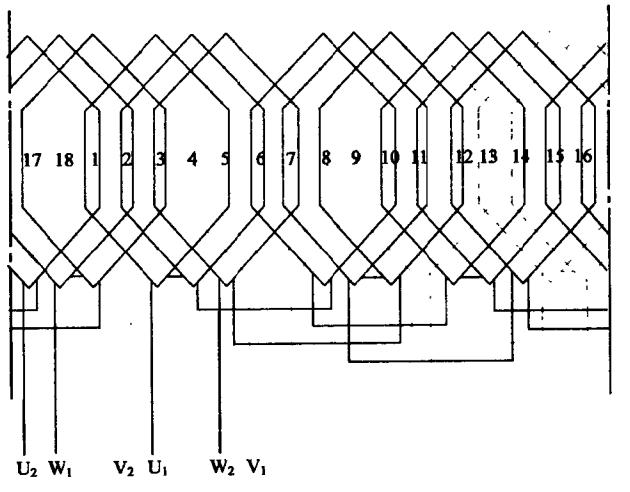
(a)按三相绕组布置时的联接

图 12－40　JX07A－4　60W 绕组接线展开图



(b)接入单相电源时的联接

电动机定子绕组按三相电机绕组的规律分布与联接，然后再作三相电机单相运行联接	
极数：$2p=4$	槽数：$Z=18$
每极每相槽数：$q=3$	节距：$Y=1-5$
每槽匝数=292	接法：3 相绕组单相运行



(a)按三相绕组布置时的联接

图 12－41　JX07B－4　40W 绕组接线展开图

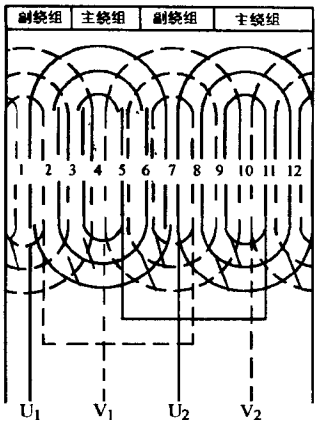


图 12－42　2 极 12 槽正弦绕组接线展开图

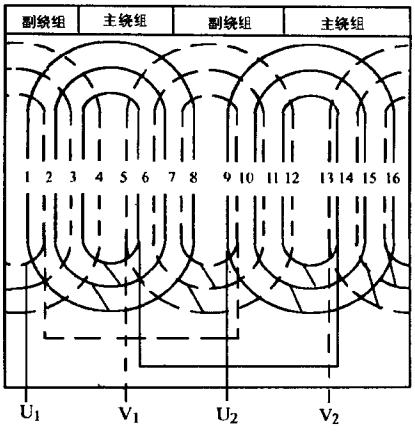


图 12－43　2 极 16 槽正弦绕组接线展开图

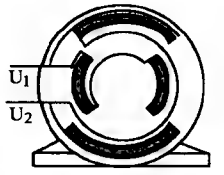


图 12－44　2 极正弦绕组接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－7 2－6 3－5	U_1，U_2
	副绕组	4　10 5－9 6－8	V_1，V_2

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－8 2－7 3－6	U_1，U_2
	副绕组	5－12 6－11 7　10	V_1，V_2

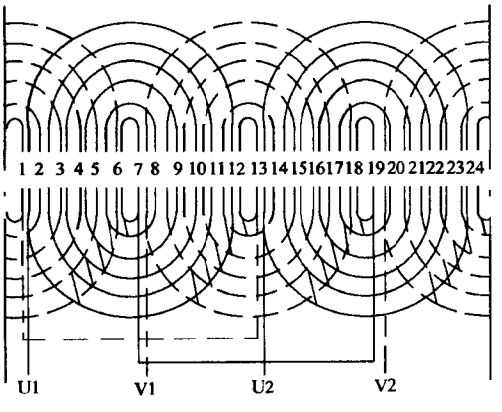


图 12－45　2 极 24 槽正弦绕组接线展开图(1)

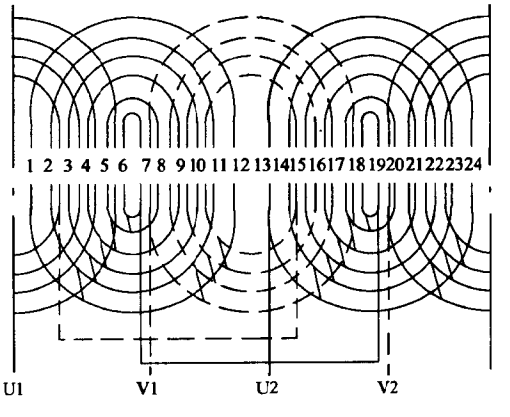


图 12－46　2 极 24 槽正弦绕组接线展开图(2)

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－12 2－11 3－10 4－9 5－8 6－7	U_1，U_2
	副绕组	7－18 8－17 9－16 10－15 11－14 12－13	V_1，V_2

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－12 2－11 3－10 4－9 5－8 6－7	U_1，U_2
	副绕组	7－18 8－17 9－16 10－15	V_1，V_2

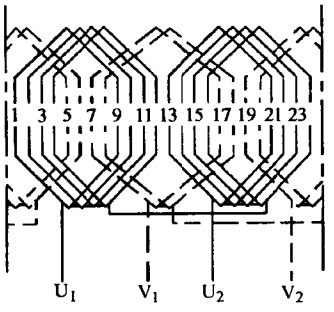


图 12–47　2极 24 槽电容起动单层链式绕组展开图 (接线原理图见图 12–49)

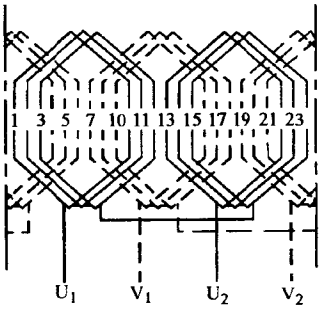


图 12–48　2极 24 槽电容运转单层链式绕组展开图 (接线原理图见图 12–49)

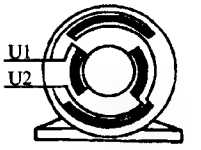


图 12–49　2极链式绕组接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
单层链式绕组	主绕组	1－9 2－10 3　11	U_1, U_2
	副绕组	7－17 8　18	V_1, V_2

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
单层链式绕组	主绕组	1－10 2－11 3－12	U_1, U_2
	副绕组	7－16 8－17 9－18	V_1, V_2

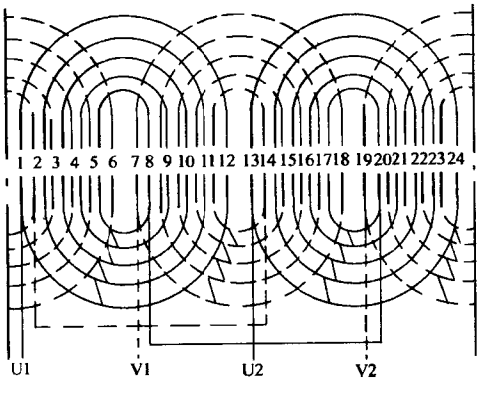


图 12－50　2 极 24 槽正弦绕组接线展开图

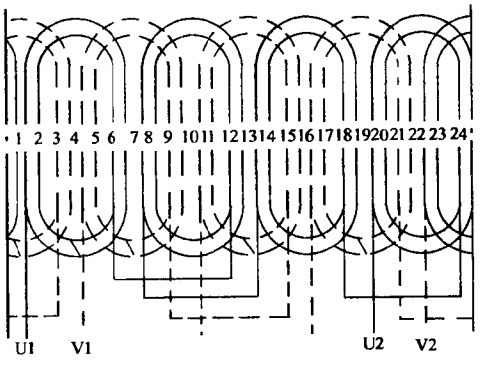


图 12－51　4 极 24 槽同心式绕组接线展开图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－12 2　11 3－10 4－9 5－8	U_1, U_2
	副绕组	7－18 8－17 9－16 10－15 11　14	V_1, V_2

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－7 2－6	U_1, U_2
	副绕组	4－10 5－9	V_1, V_2

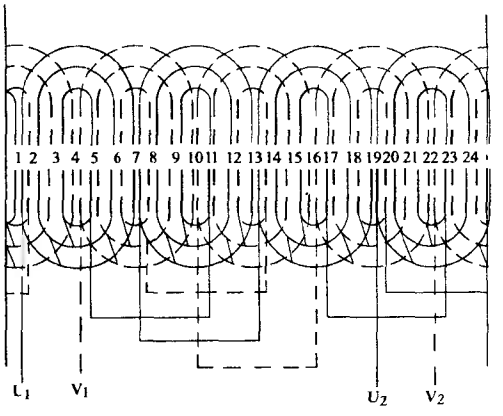


图 12－52　4 极 24 槽正弦绕组接线展开图(1)

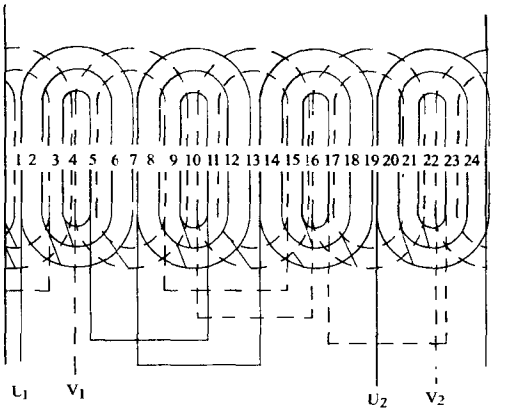


图 12－53　4 极 24 槽正弦绕组接线展开图(2)

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－7 2－6 3－5	U_1，U_2
	副绕组	4－10 5－9 6－8	V_1，V_2

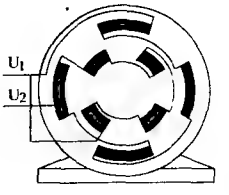
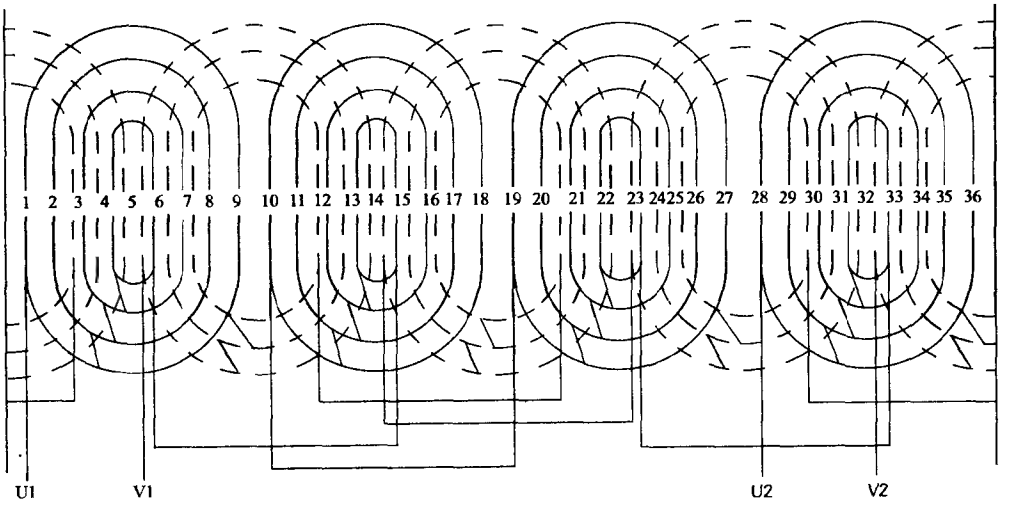
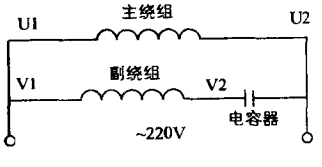


图 12－54　4 极电动机绕组接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－7 2－6 3－5	U_1，U_2
	副绕组	4　10 5　9	V_1，V_2



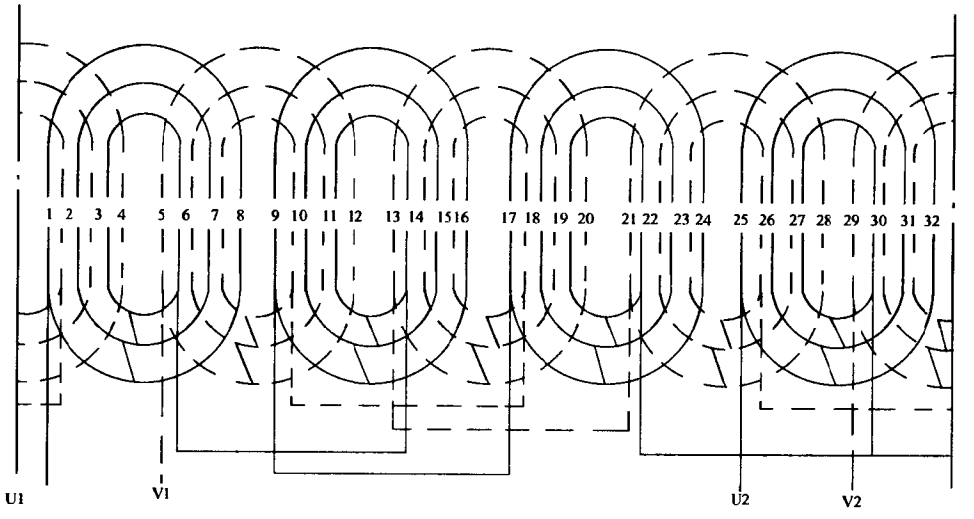
(a)接线展开图



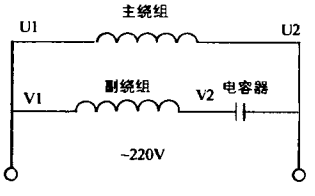
(b)接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
正弦绕组	主绕组	1－9 2－8 3－7 4－6	U_1，U_2
	副绕组	5－14 6　13 7－12	V_1，V_2

图 12－55　4 极 36 槽正弦绕组接线展开、原理图



(a)接线展开图



(b)接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
同心绕组	主绕组	1－8 2－7 3－6	U_1, U_2
	副绕组	5－12 6－11 7－10	V_1, V_2

图 12－56　4 极 32 槽同心式绕组接线展开、原理图

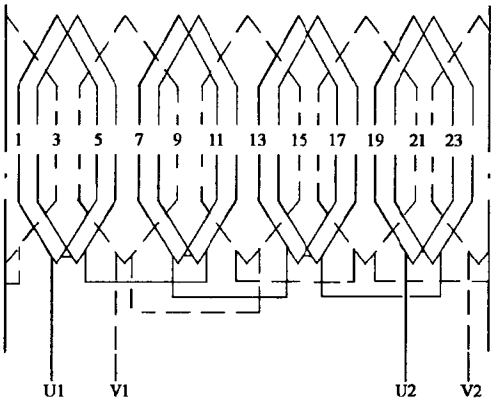


图 12－57　4 极 24 槽电容起动单层链式绕组展开图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
单层链式绕组	主绕组	1－5	U_1, U_2
	副绕组	1－6	V_1, V_2

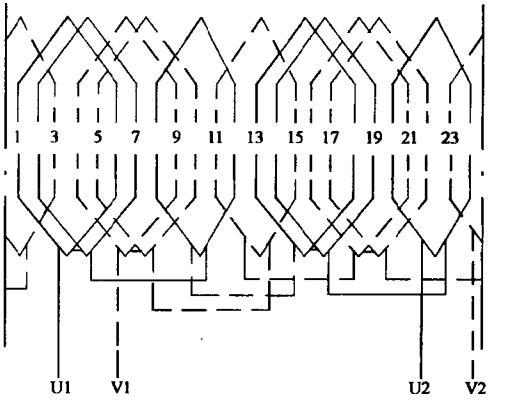


图 12－58　4 极 24 槽电容运转单层交叉式绕组展开图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
单层交叉式绕组	主绕组	2－1－6 1－1－5	U_1, U_2
	副绕组	2－1－6 1－1－5	V_1, V_2

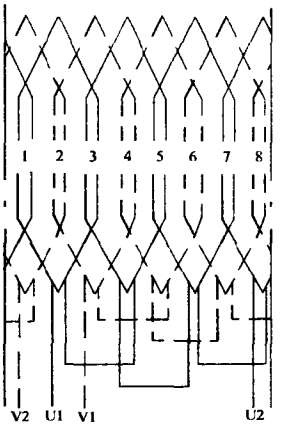


图 12－59　4 极 8 槽座扇定子绕组展开图

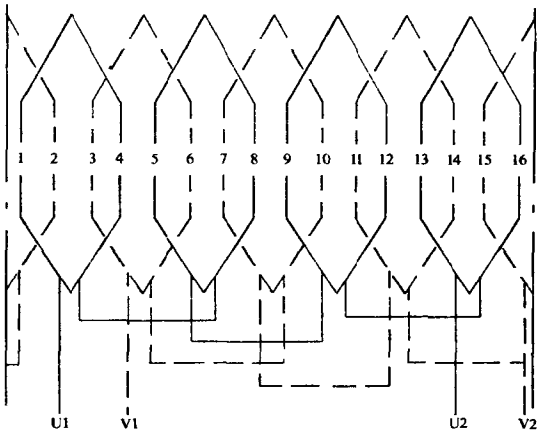
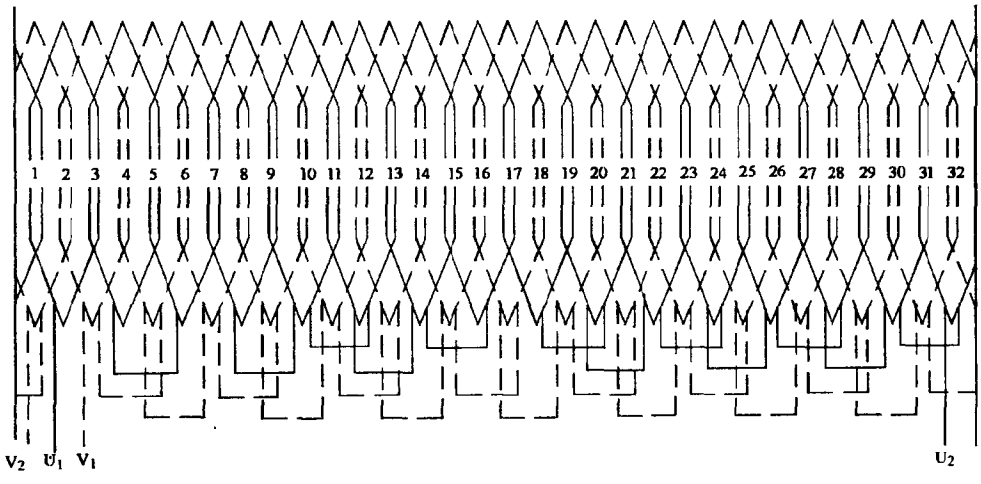


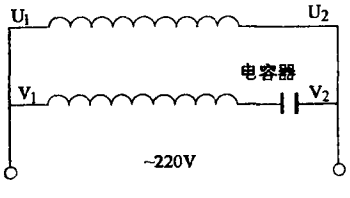
图 12－60　4 极 16 槽座扇定子绕组接线展开图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
双层链式绕组	主绕组	1－3	U_2
	副绕组	1－3	V_1, V_2

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
单层链式绕组	主绕组	1－4	U_2
	副绕组	1－4	V_1, V_2



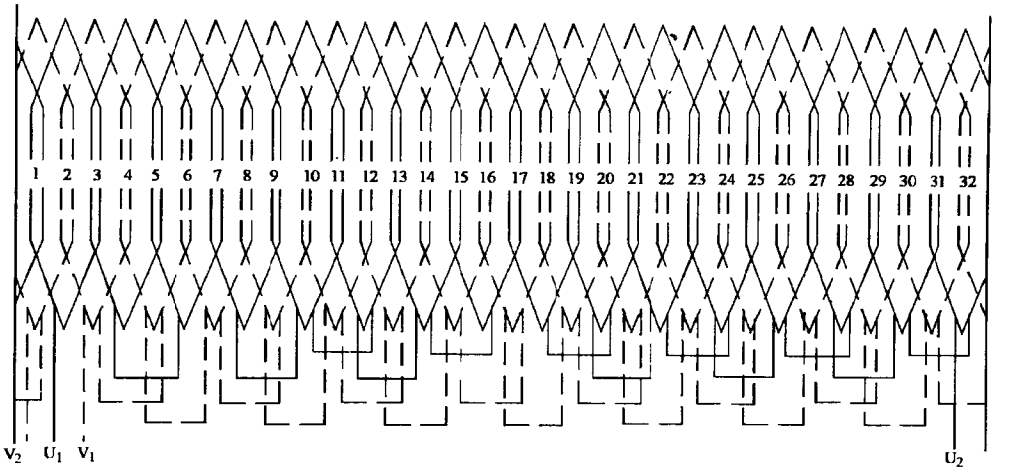
(a)接线展开图



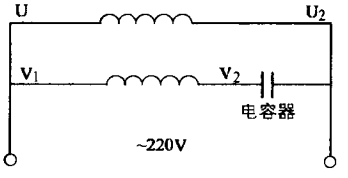
(b)接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
双层链式绕组	主绕组	1－3	U_2
	副绕组	1－3	V_1, V_2

图 12－61　14 极 28 槽吊扇定子绕组接线展开、原理图



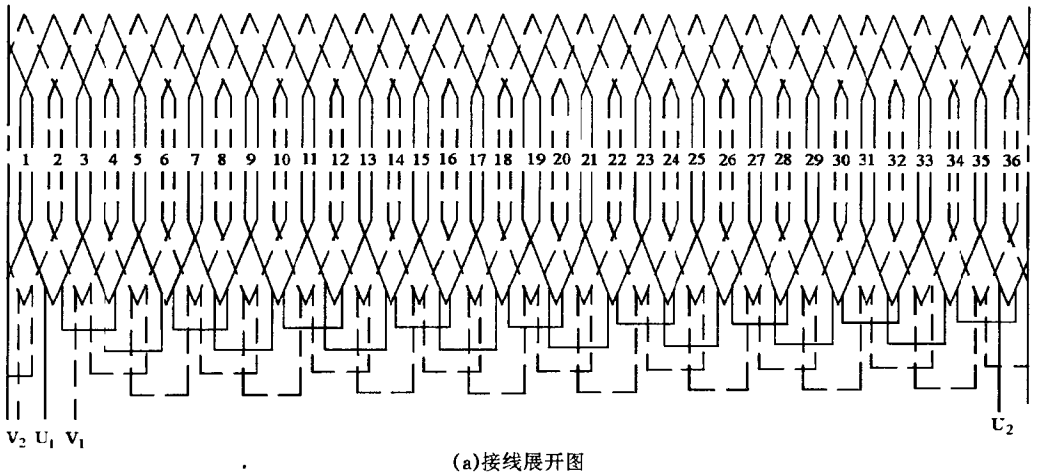
(a)接线展开图



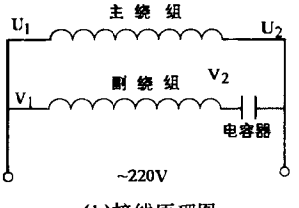
(b)接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
双层链式绕组	主绕组	1　3	U_2
	副绕组	1－3	V_1, V_2

图 12－62　16 极 32 槽吊扇定子绕组接线展开、原理图



(a)接线展开图



(b)接线原理图

绕组型式	绕组名称	节　距	出线端号
双层链式绕组	主绕组	1－3	U_2
	副绕组	1－3	V_1, V_2

图 12－63　18 极 36 槽吊扇定子绕组接线展开、原理图

第 3 节　JZ、JY、JX 老系列单相异步电动机绕组布置图

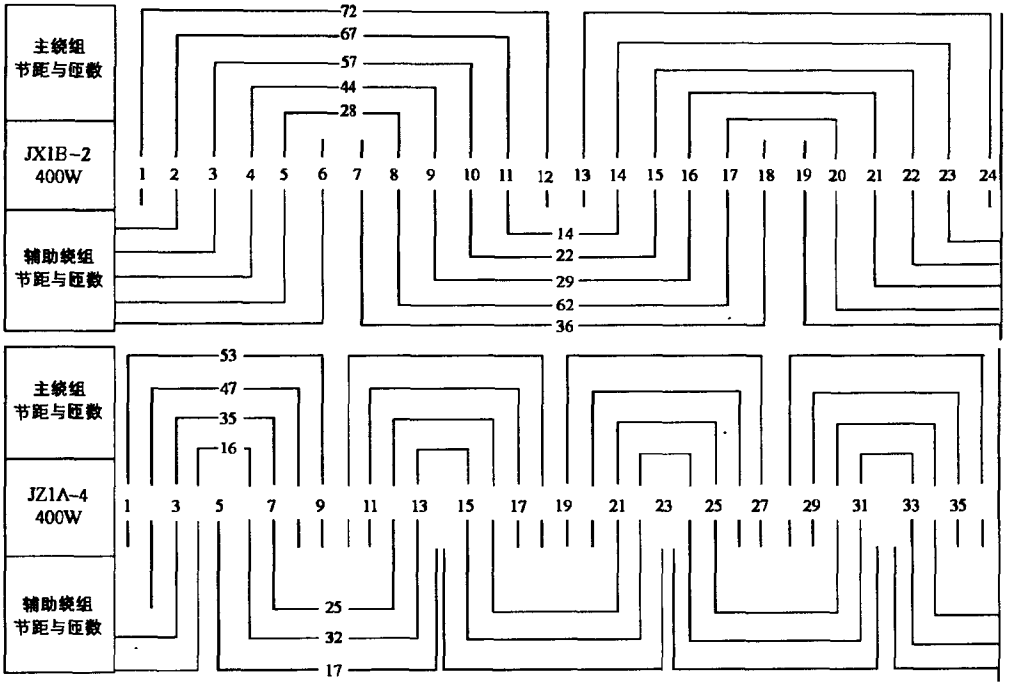


图 12－64　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(1)

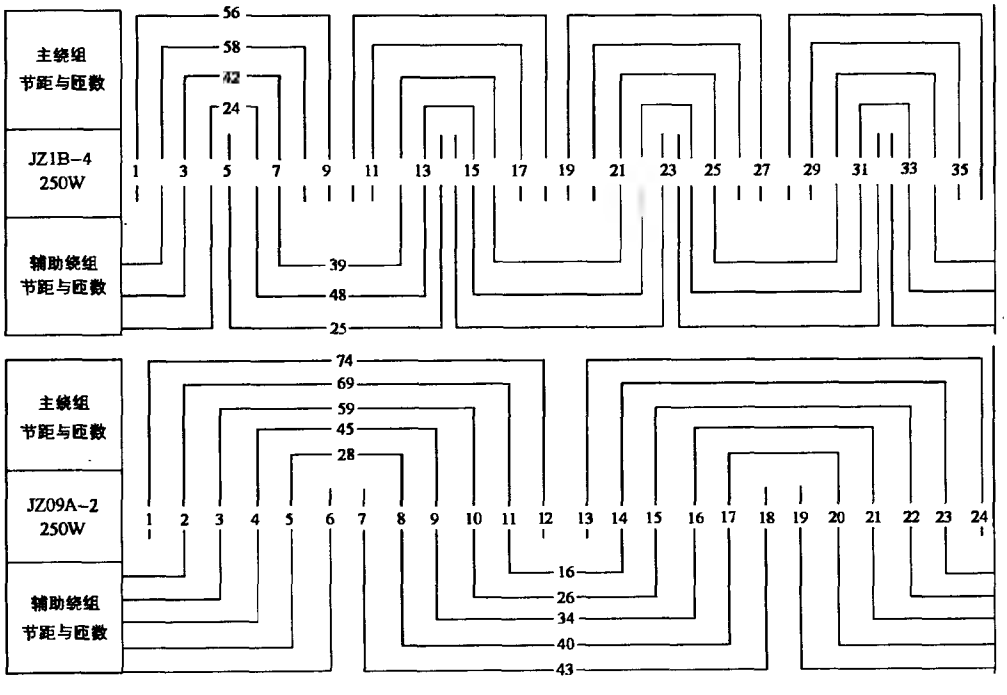


图 12－65　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(2)

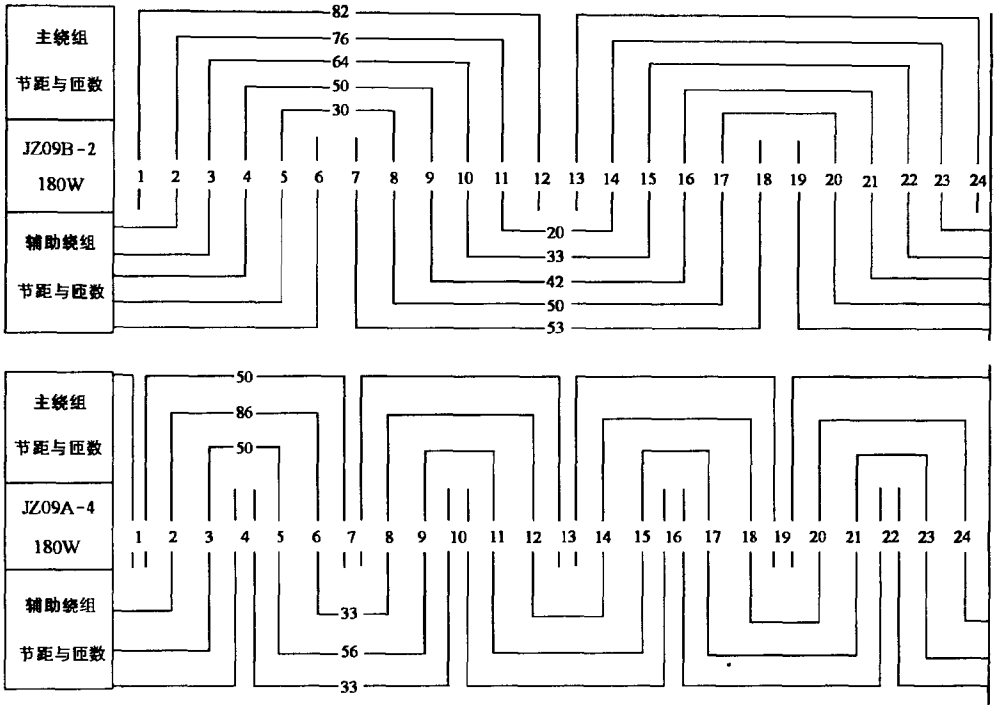


图 12－66　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(3)

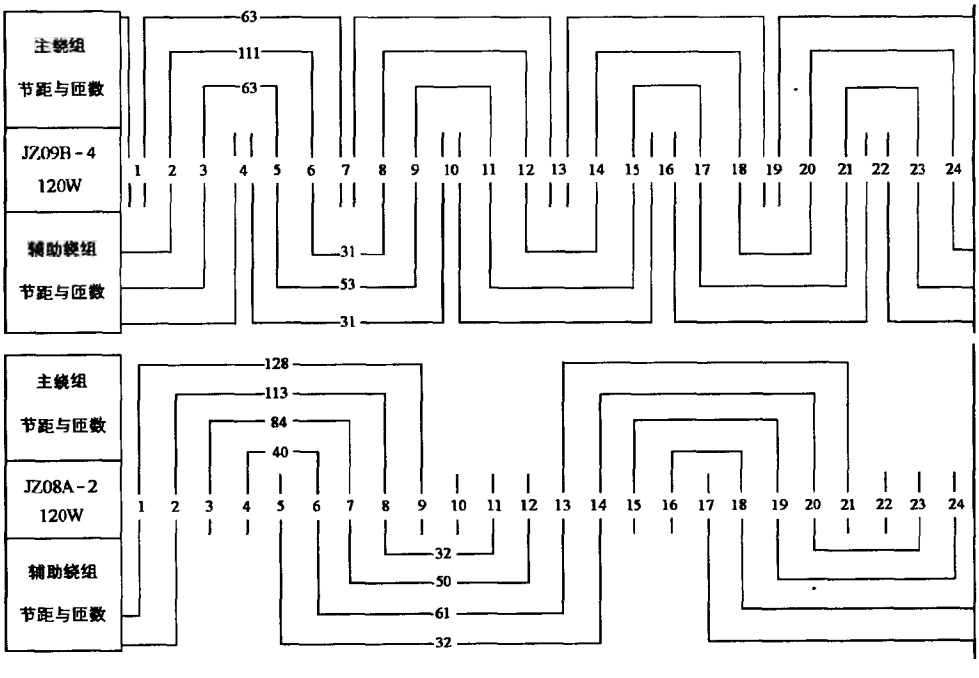


图 12－67　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(4)

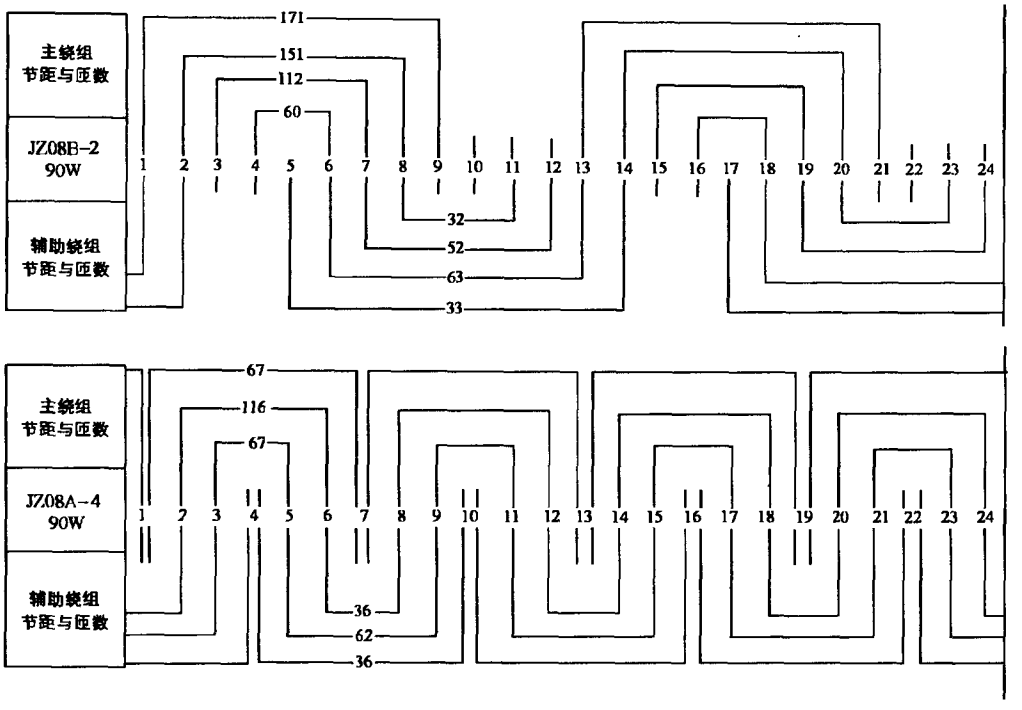


图 12－68　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(5)

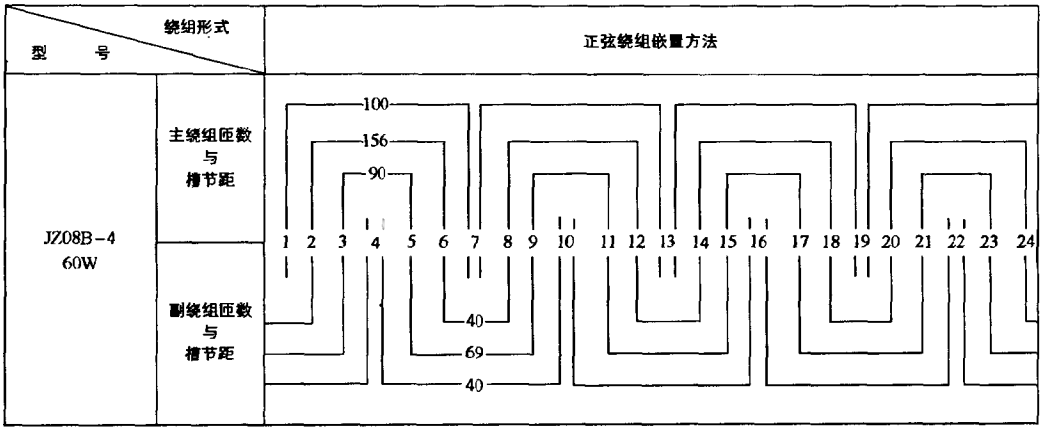
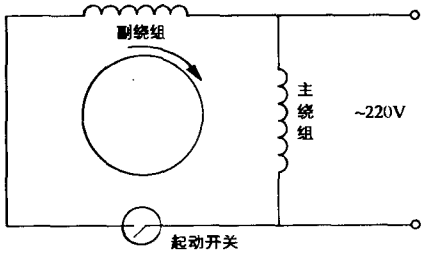


图 12－69　JZ 老系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(6)



JZ 系列为单相电阻分相起动电动机，它适用于起动转矩要求不大的机械。该电动机有主、副两套绕组，按相隔 90°电气角度分布在定子铁心槽内。副绕组与离心开关(起动开关)相接，离心开关系常闭连接。电动机起动后，当转速接近额定转速时，离心开关自动断开，起动绕组脱离电源，此后主绕组独立运行在电源上。

图 12－70　JZ 系列单相电阻分相起动电动机绕组接线原理图

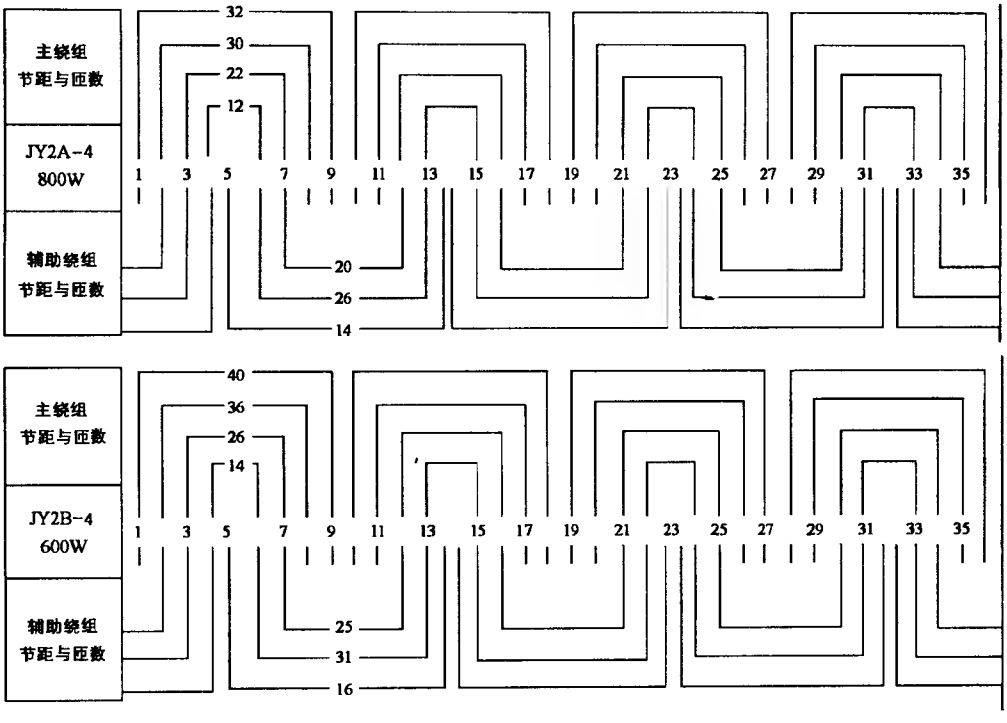


图 12－71　JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1)

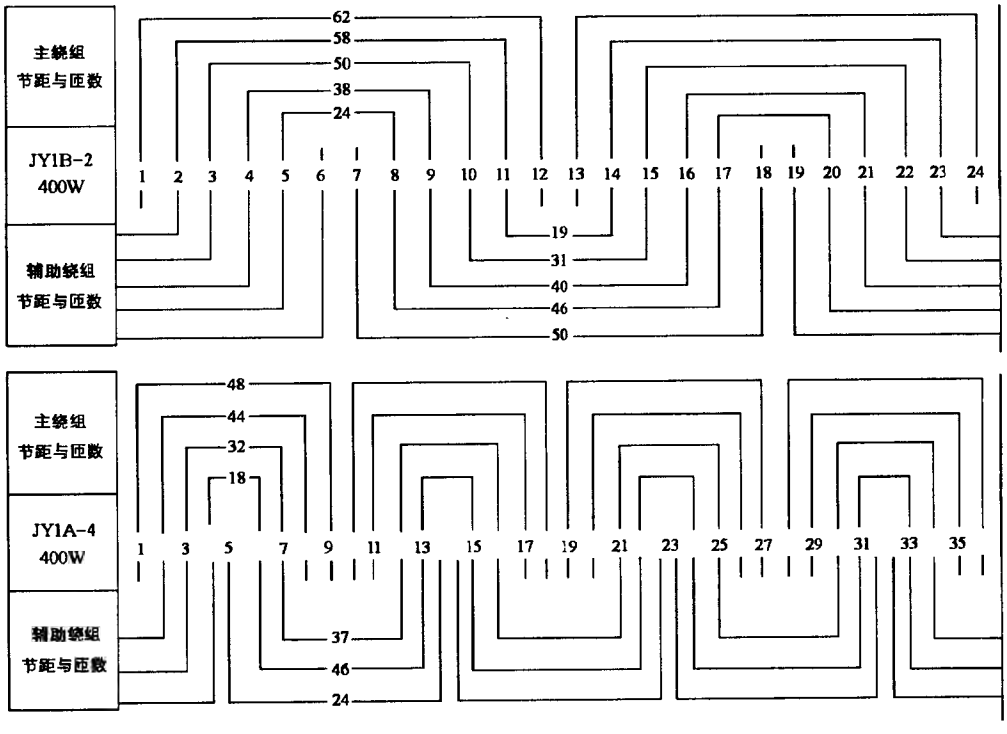


图 12－72、JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2)

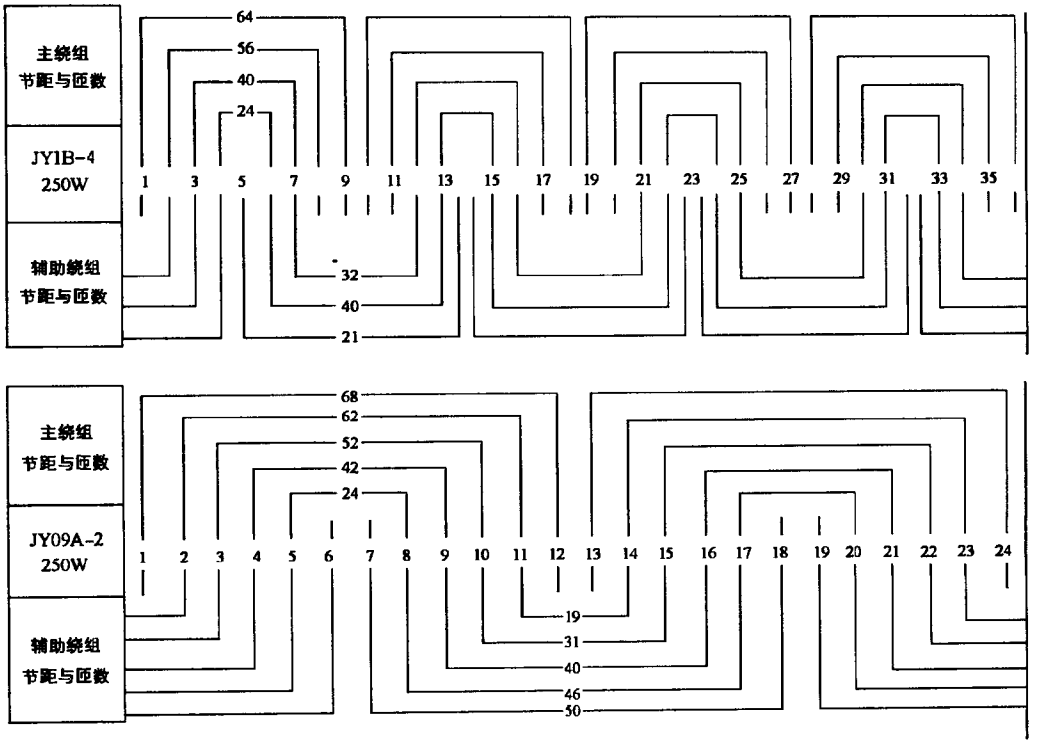


图 12－73　JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3)

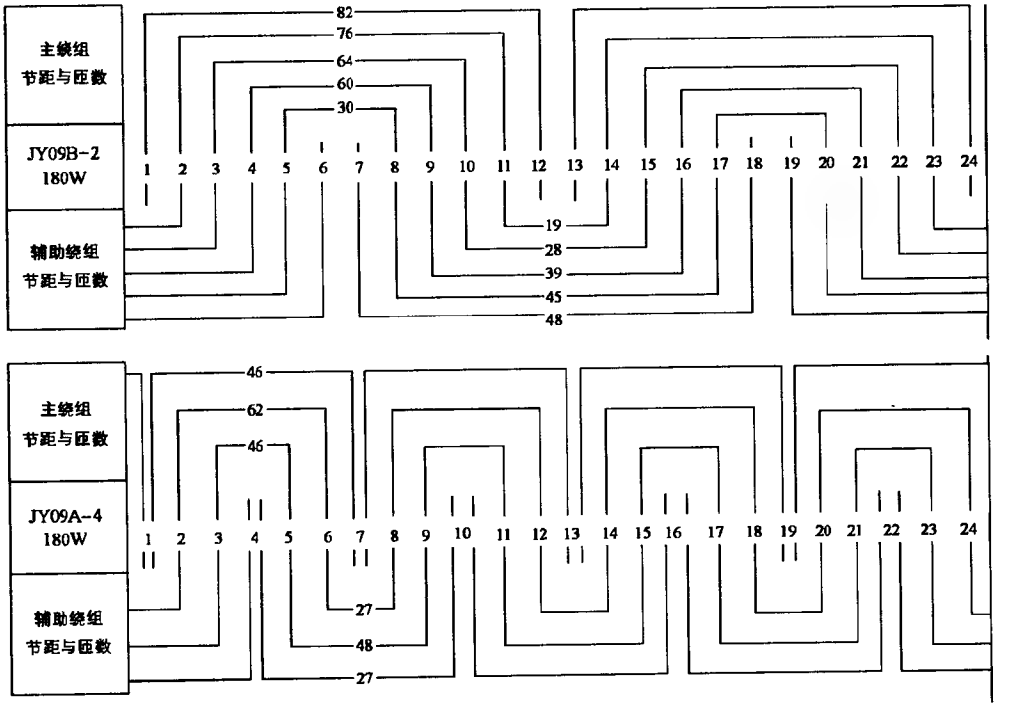


图 12－74　JY 老系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(4)

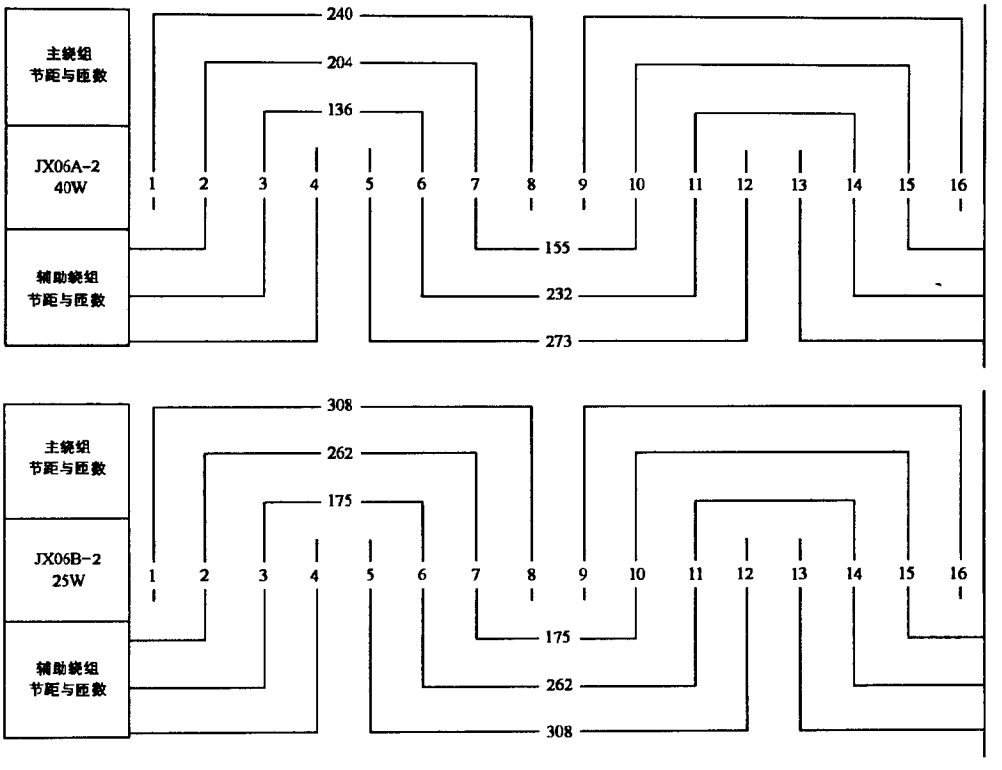


图 12－75　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1)

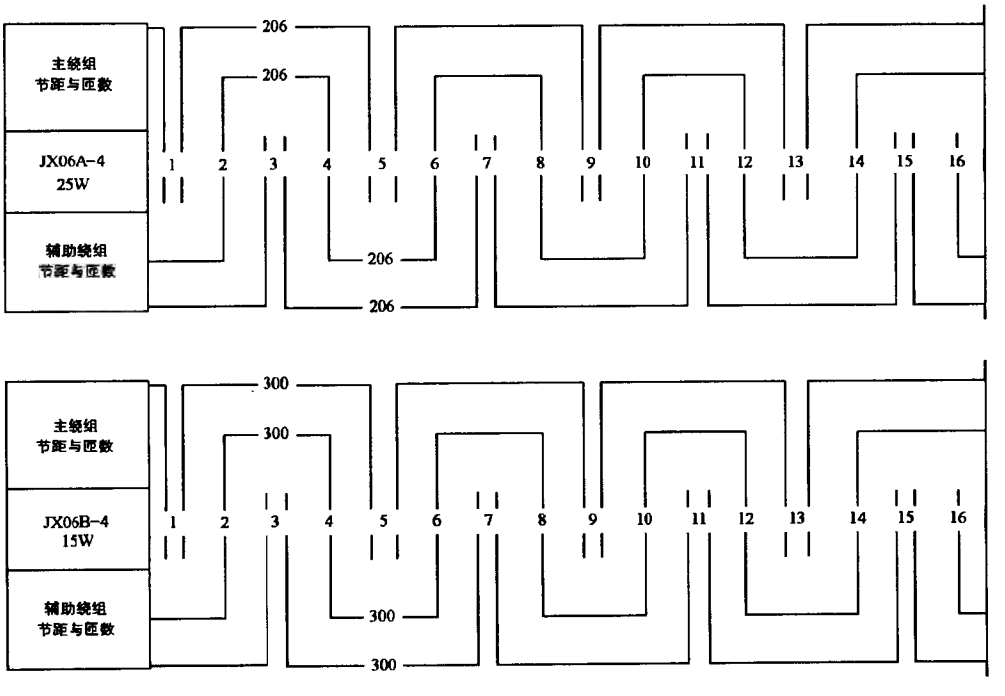


图 12－76　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2)

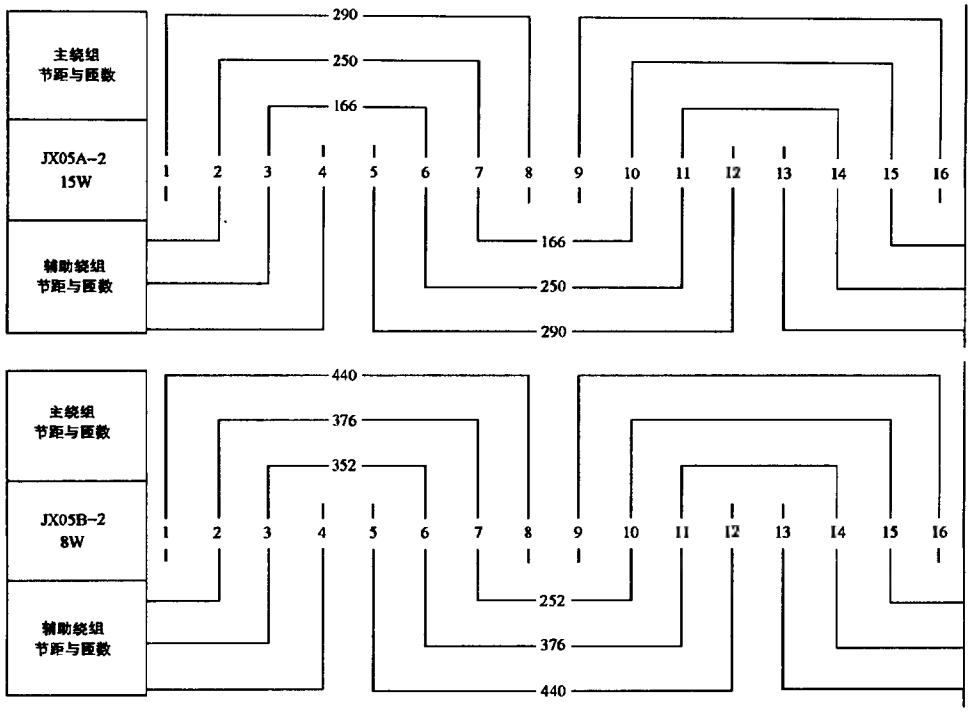


图 12－77　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3)

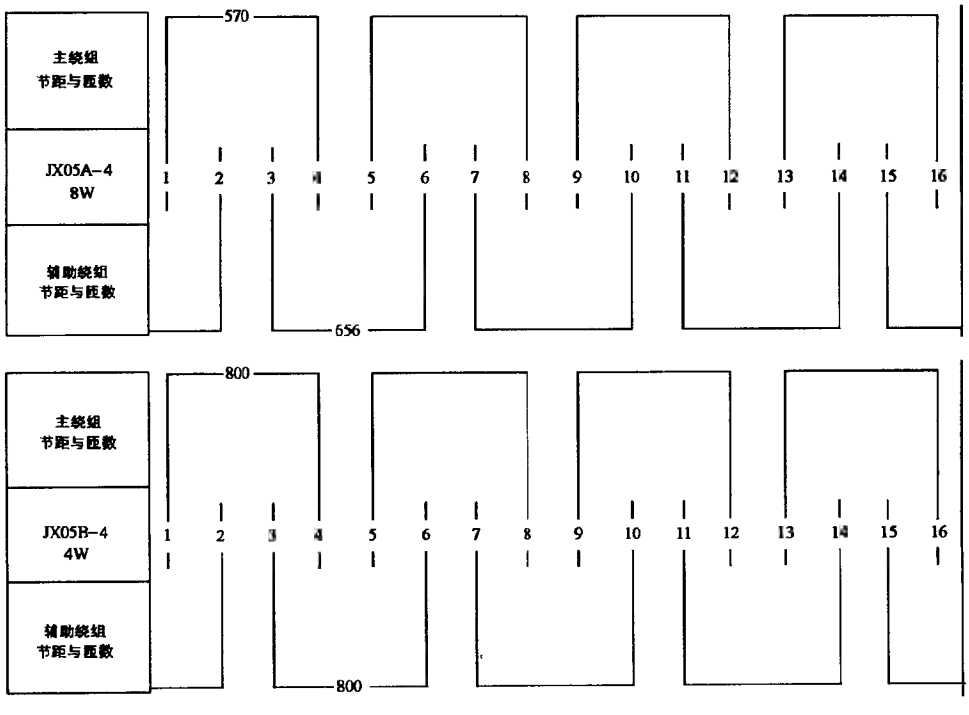


图 12－78　JX 老系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4)

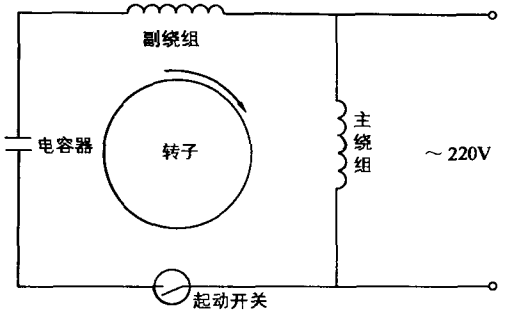


图 12－79　JY 系列单相电容起动式电动机绕组接线原理图

JY 系列为单相电容起动异步电动机，适用于起动转矩要求大而起动电流小的场所。这种电动机有主、副两套绕组，在空间上互差 90°电气角度，其副绕组上串接了一只电容，当电动机起动后达到接近额定转速时，离心起动开关(起动开关)动作，将副绕组和电容器与电源断开，此后就由主绕组独立运行在电源上。

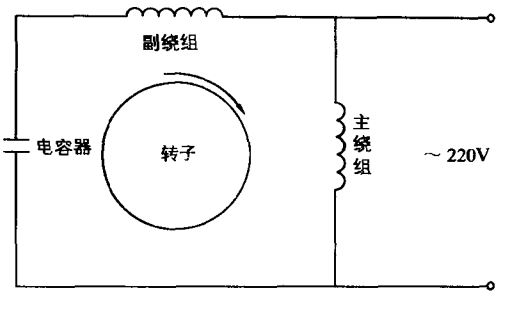


图 12－80　JX 系列单相电容运转式电动机绕组接线原理图

JX 系列为单相电容运转异步电动机。这种电动机无起动装置，构造较简单，工作可靠，适用于起动转矩小，起动与停止频繁的场合。该电动机有互差 90°电气角度的主、副绕组各一套，在主、副绕组上联接一只电容器，且长期参与运行，转子为鼠笼型。

第 4 节　JZ、JY、JX 新系列单相异步电动机绕组布置图

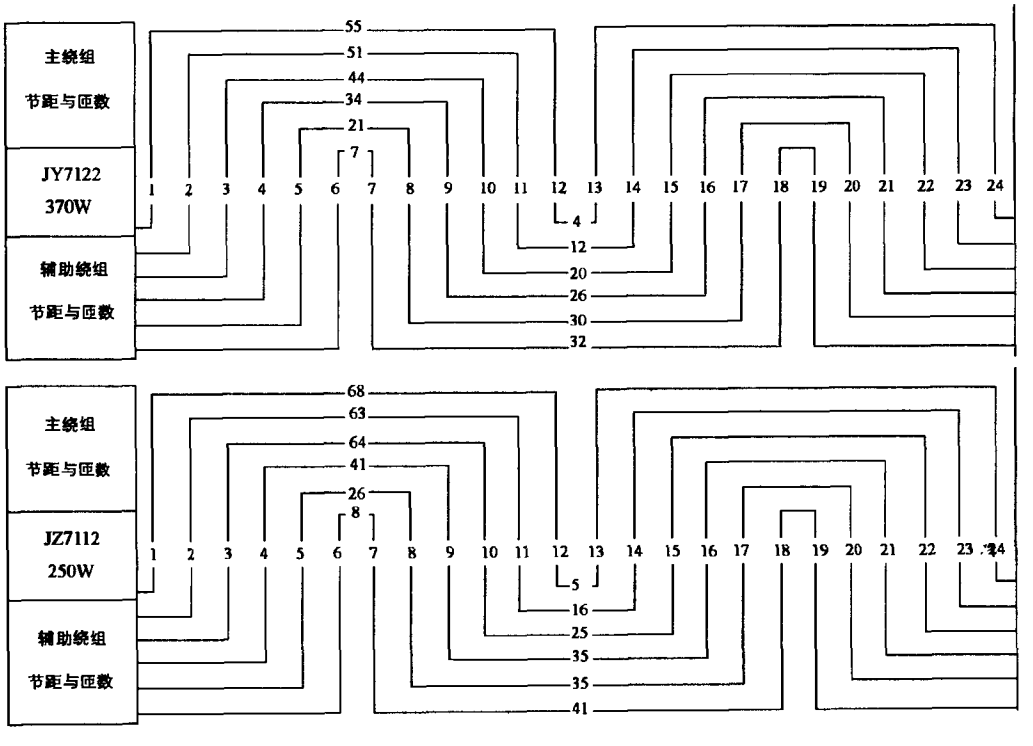


图 12－81　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(1)

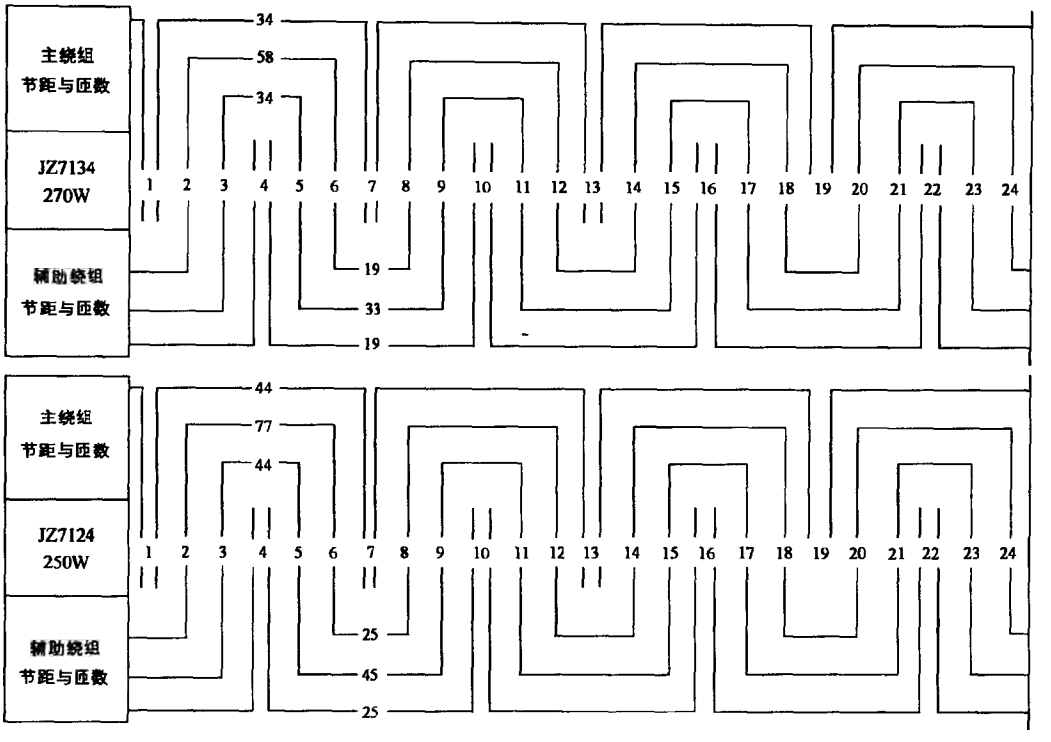


图 12－82　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(2)

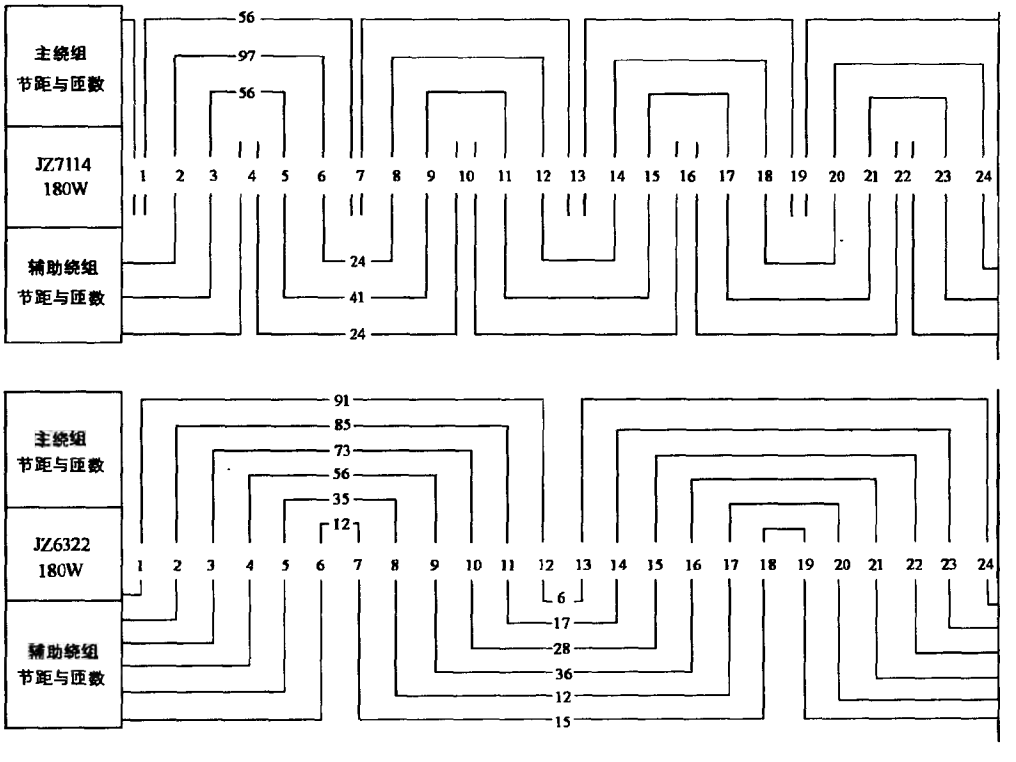
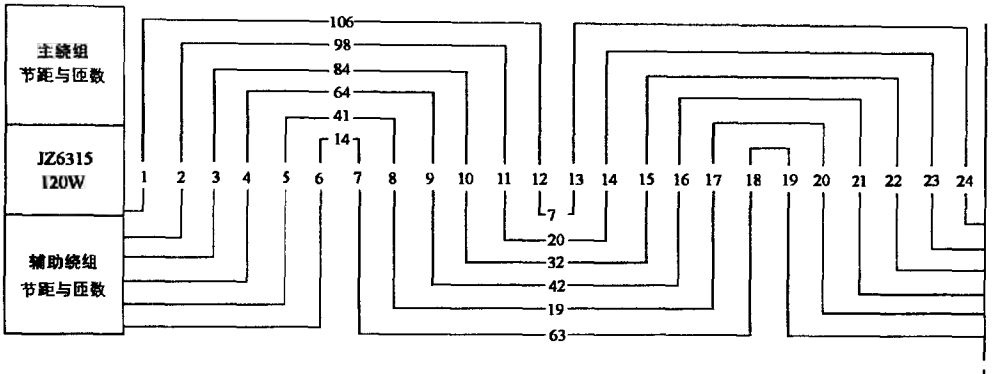


图 12－83　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(3)



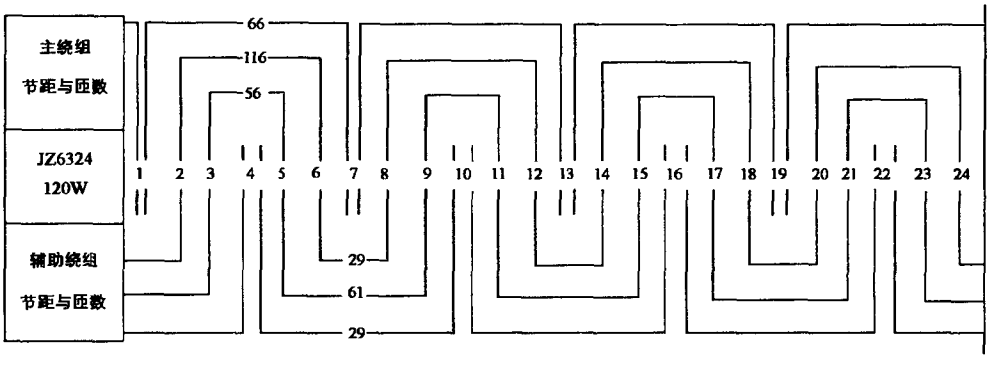
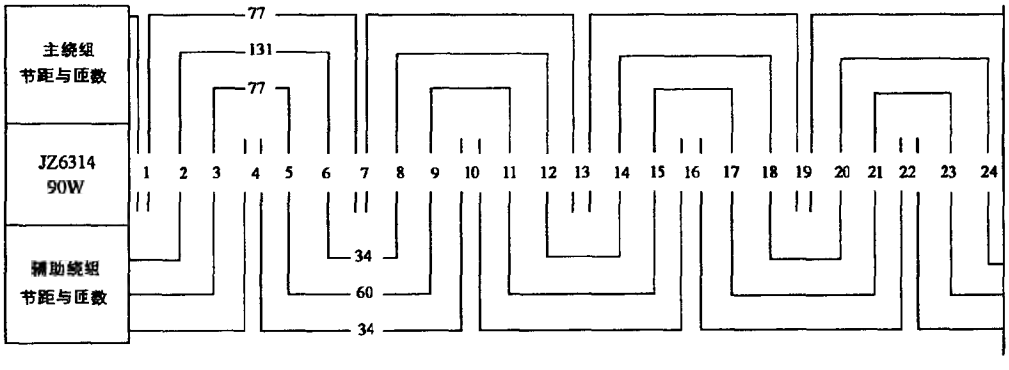


图 12－84　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(4)



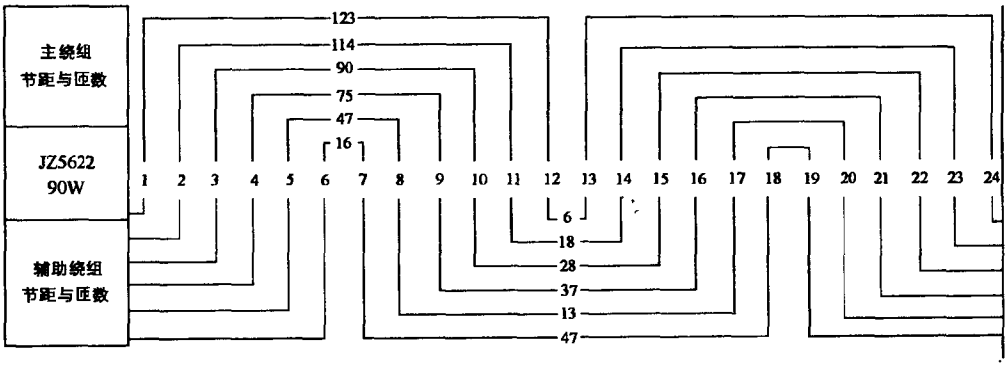


图 12－85　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(5)

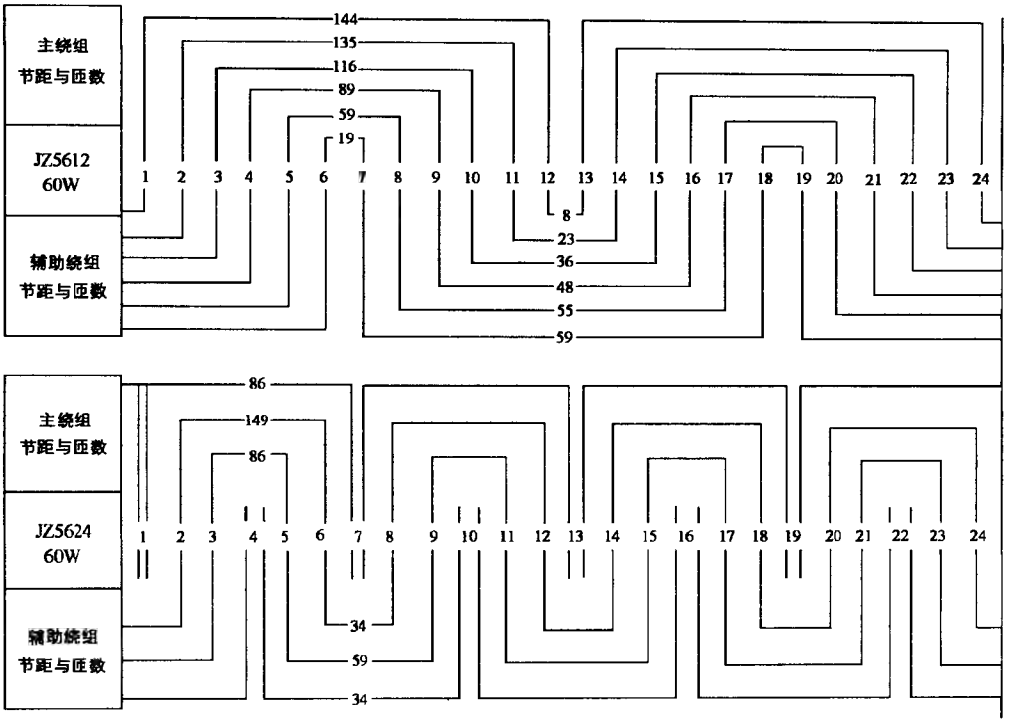


图 12－86　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(6)

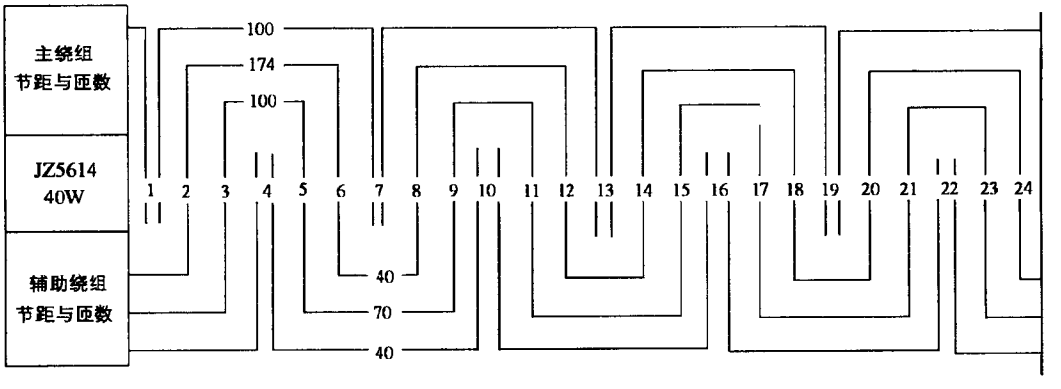
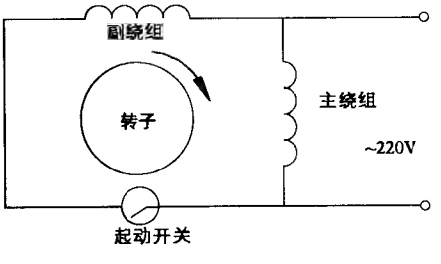


图 12－87　JZ 新系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(7)



JZ 新系列为单相电阻分相起动式电动机，该电机有主、副两套绕组。按互差 90°电气角度分布在定子铁心槽中，副绕组与离心开关(起动开关)相接。电动机起动后当转速接近额定转速时，离心开关自动断开，副绕组脱离电源，此后主绕组单独运行在电源线路上。

图 12－88　JZ 新系列单相电阻分相起动式电动机绕组接线原理图

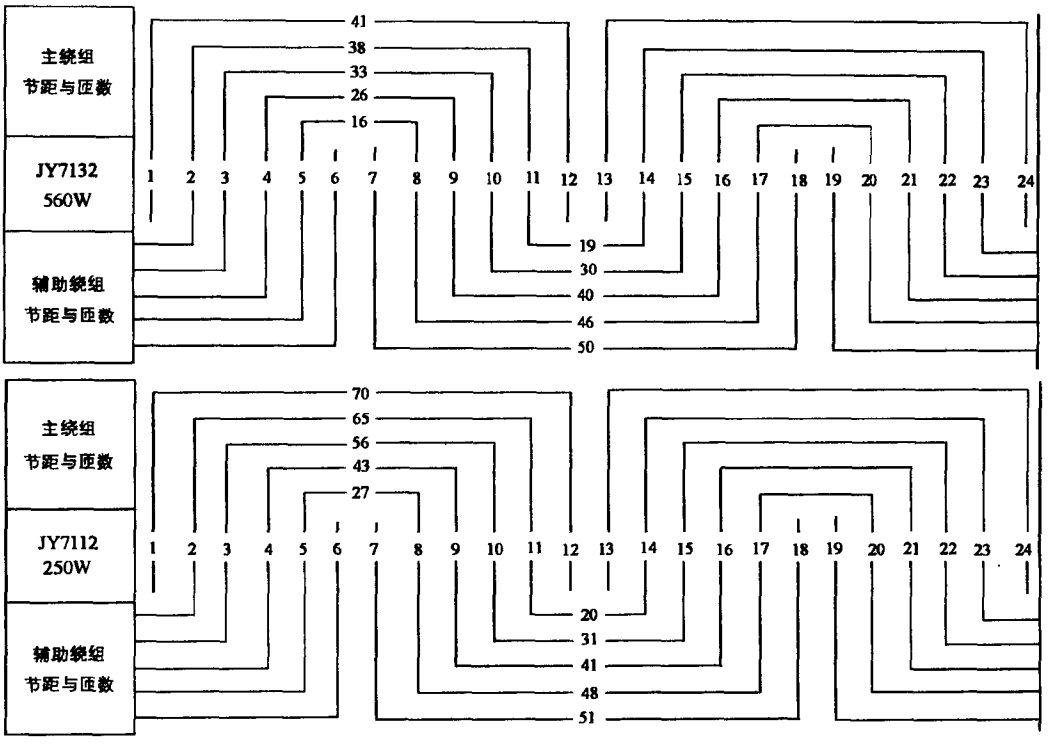


图 12－89　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1)

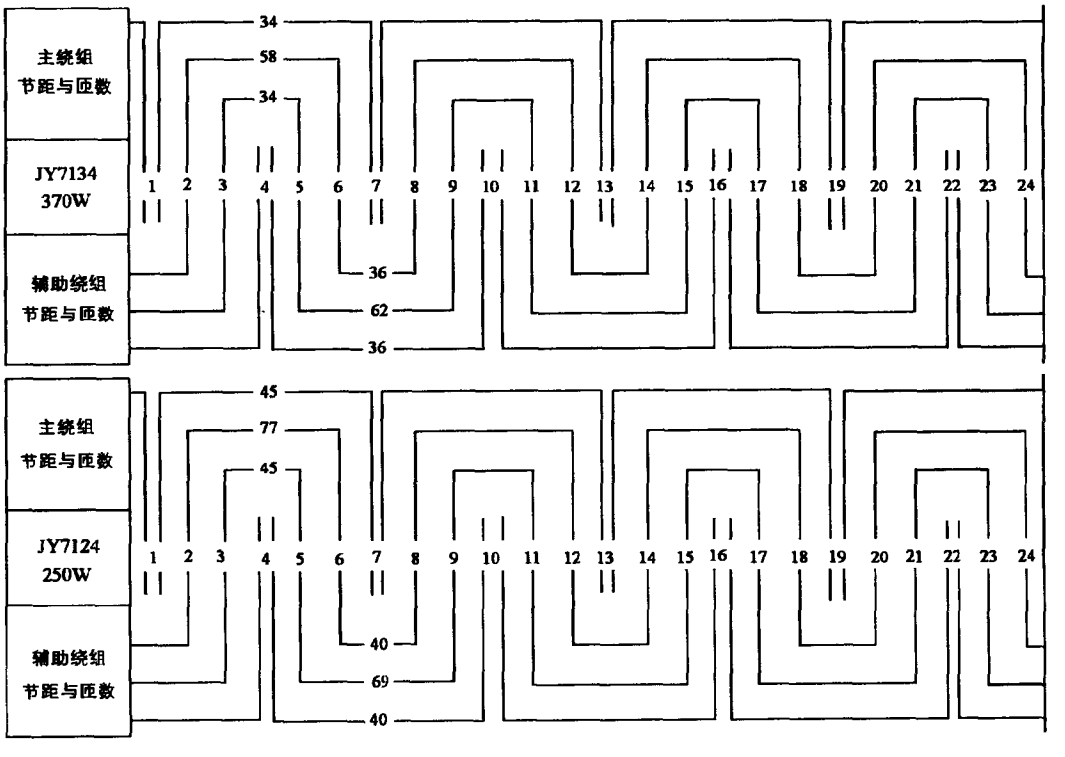


图 12－90　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2)

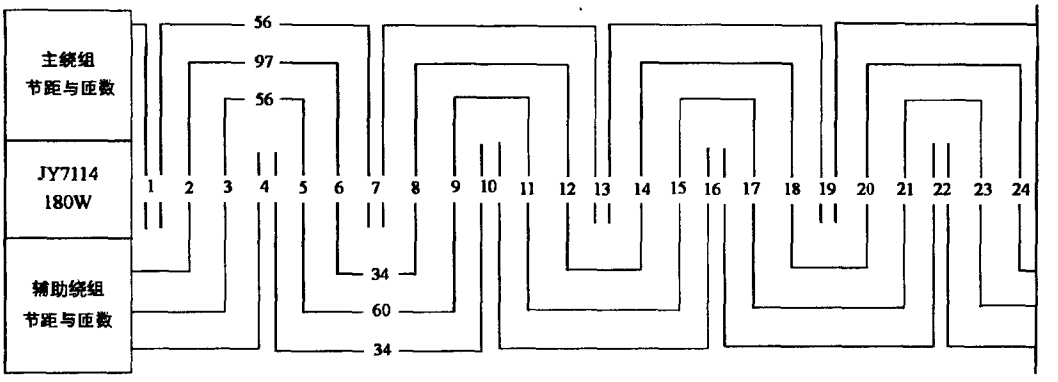
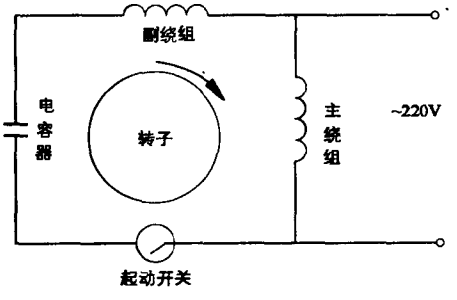


图 12－91　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3)



JY 新系列为单相电容起动异步电动机，这种电动机有主、副两套绕组，它们互差 90°电气角度，起动时副绕组与起动电容串联，经离心开关(起动开关)与主绕组并接于单相电源。当电动机转速接近额定转速时，离心开关动作将副绕组和电容器断开。此后，即由主绕组单独运行。

图 12－92　JY 新系列单相电容起动式异步电动机绕组接线原理图

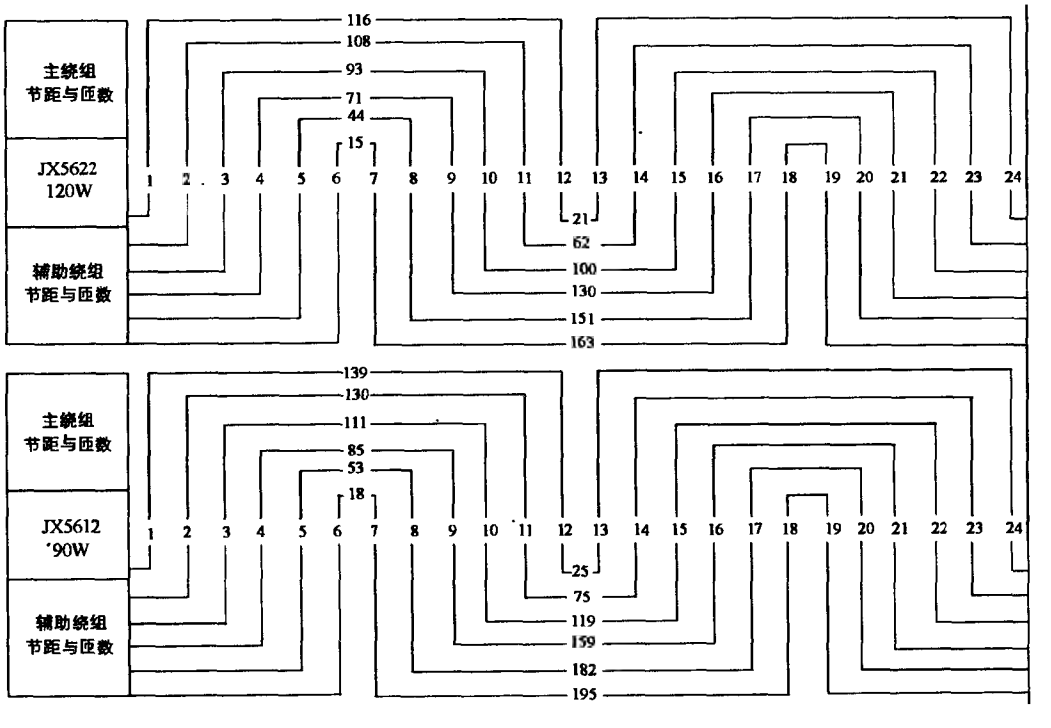


图 12－93　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1)

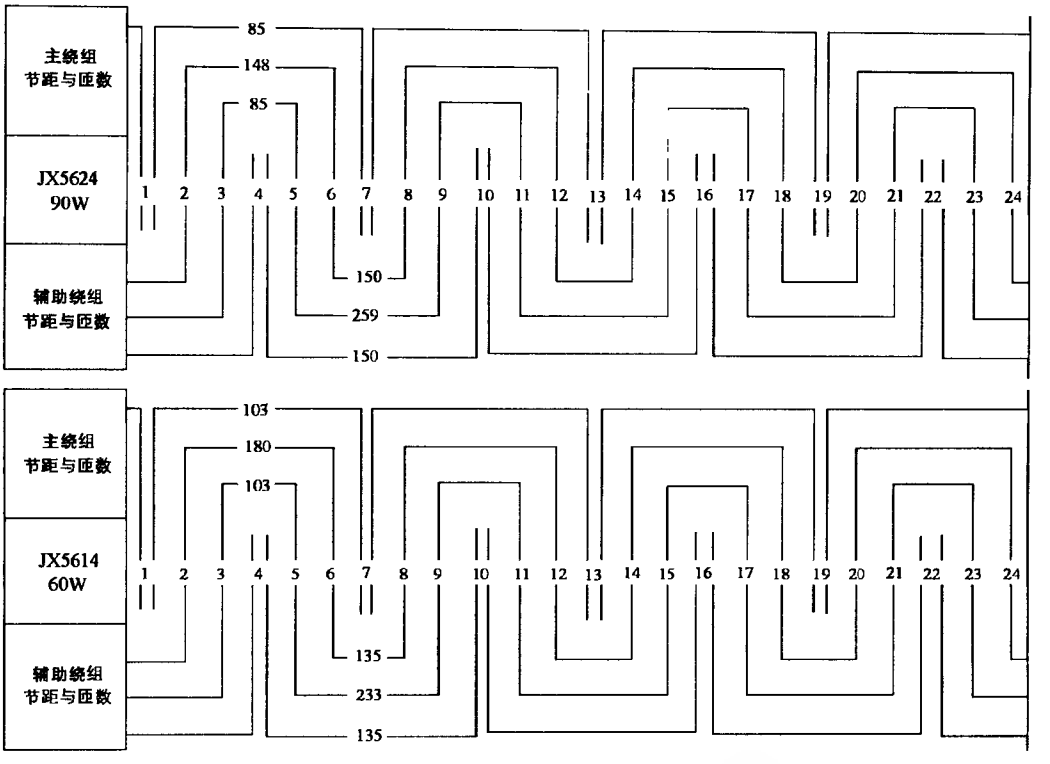


图 12－94　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2)

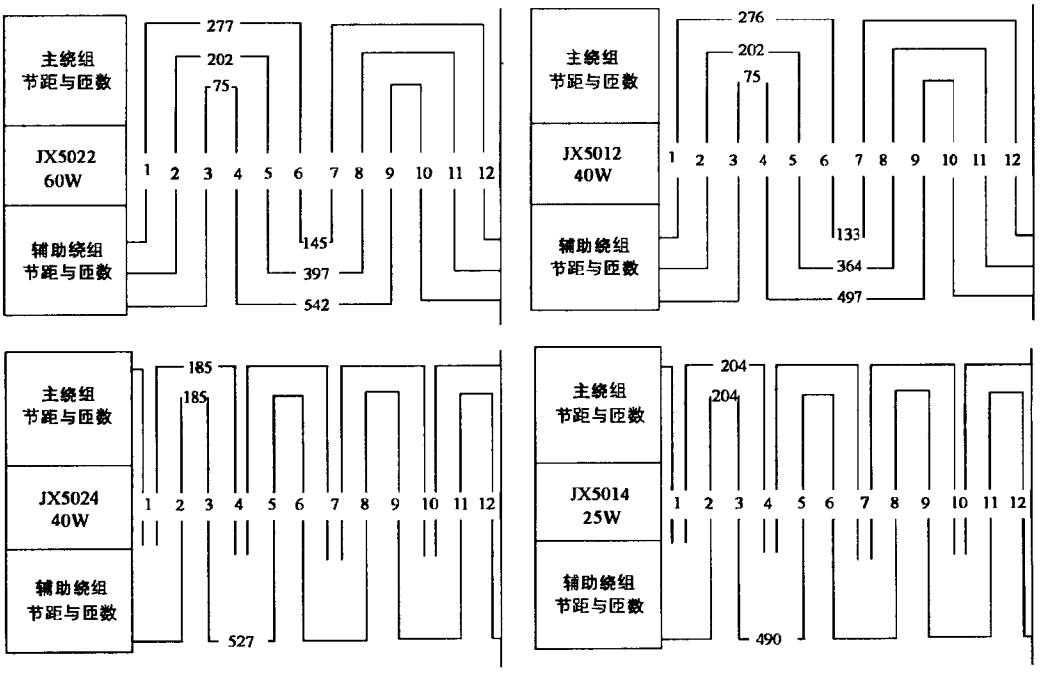


图 12－95　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3)

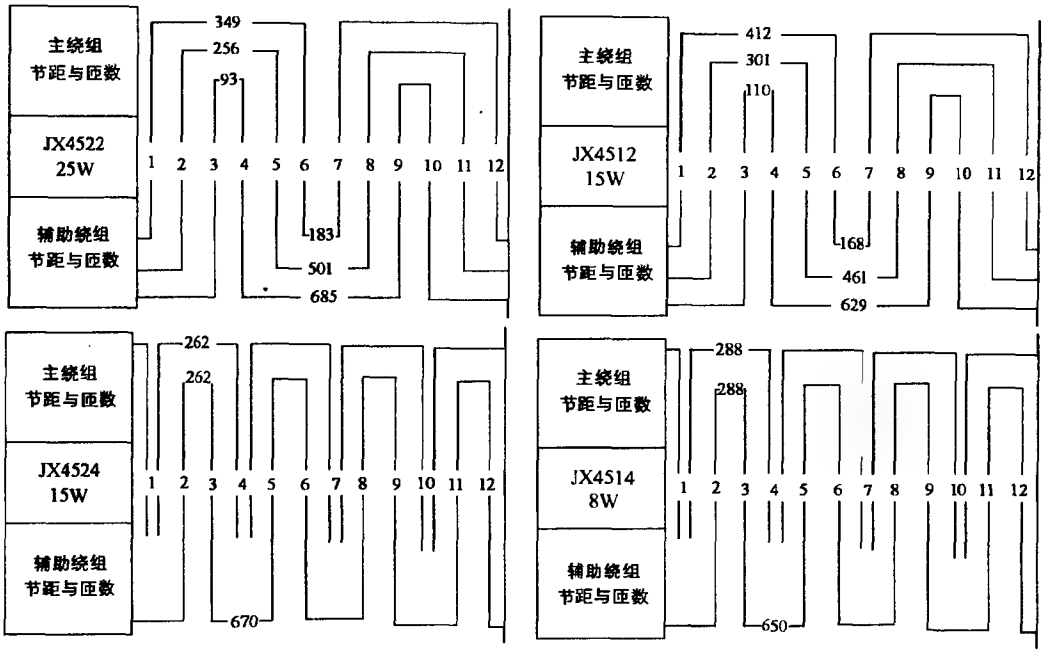


图 12－96　JX 新系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4)

第 5 节　BO、CO、DO 系列单相异步电动机绕组布置图

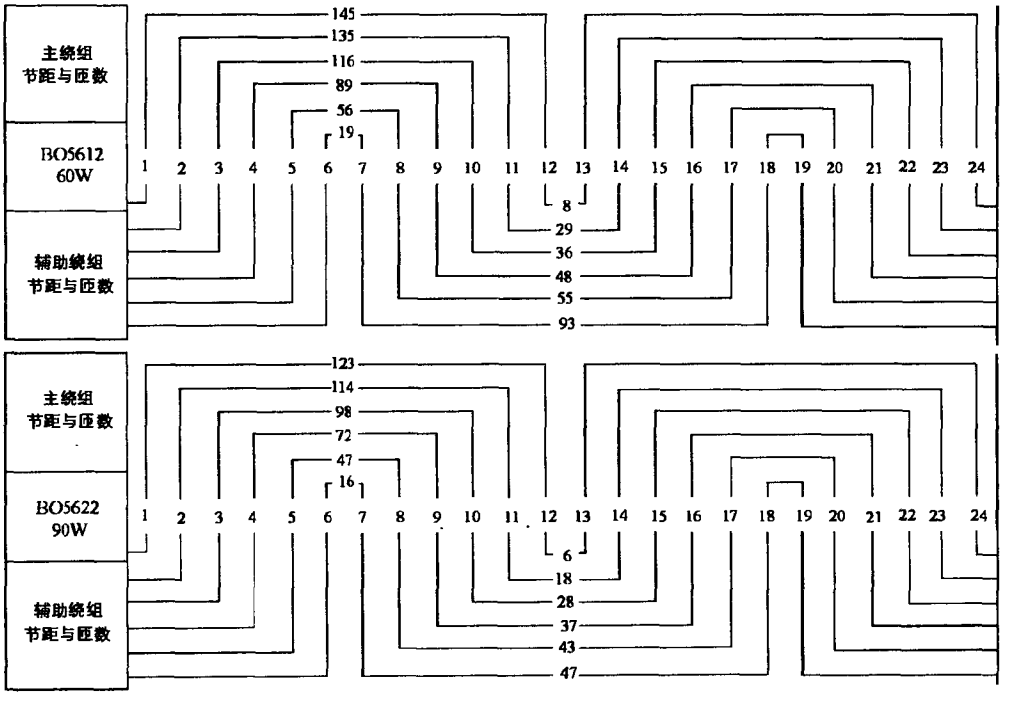


图 12－97　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(1)

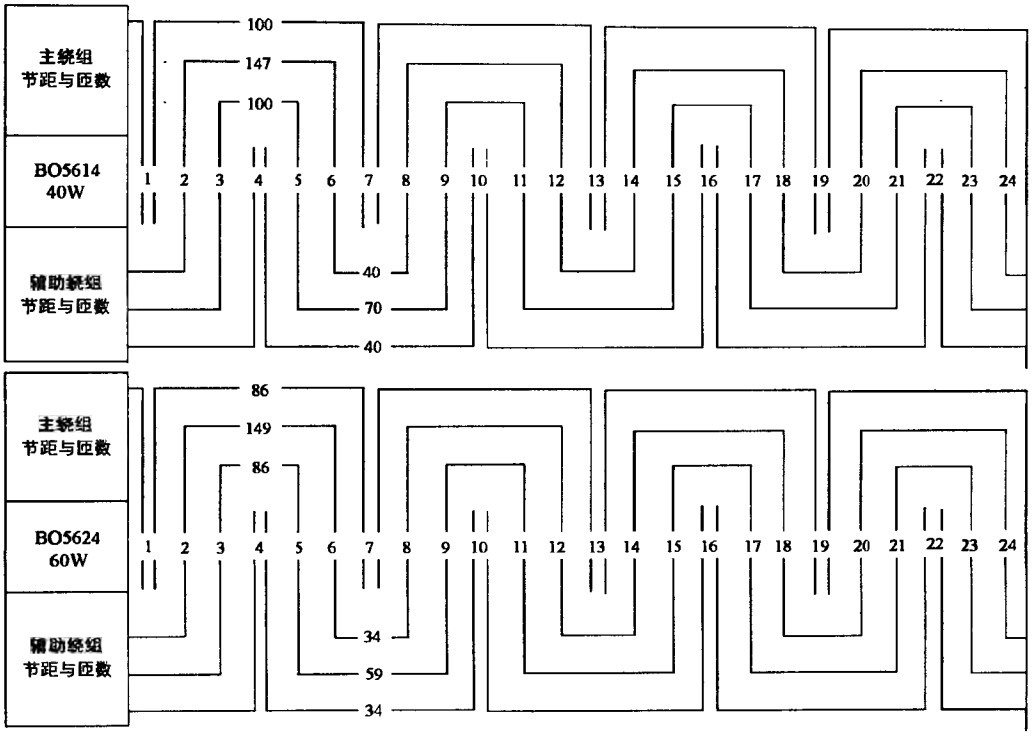


图 12－98　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(2)

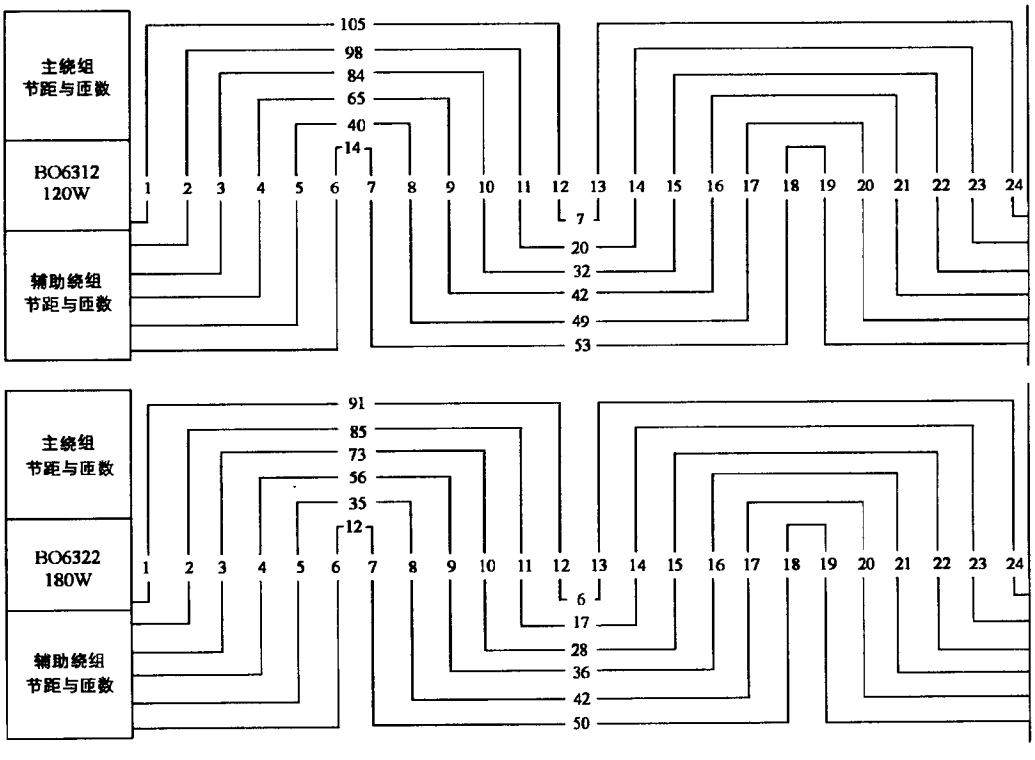


图 12－99　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(3)

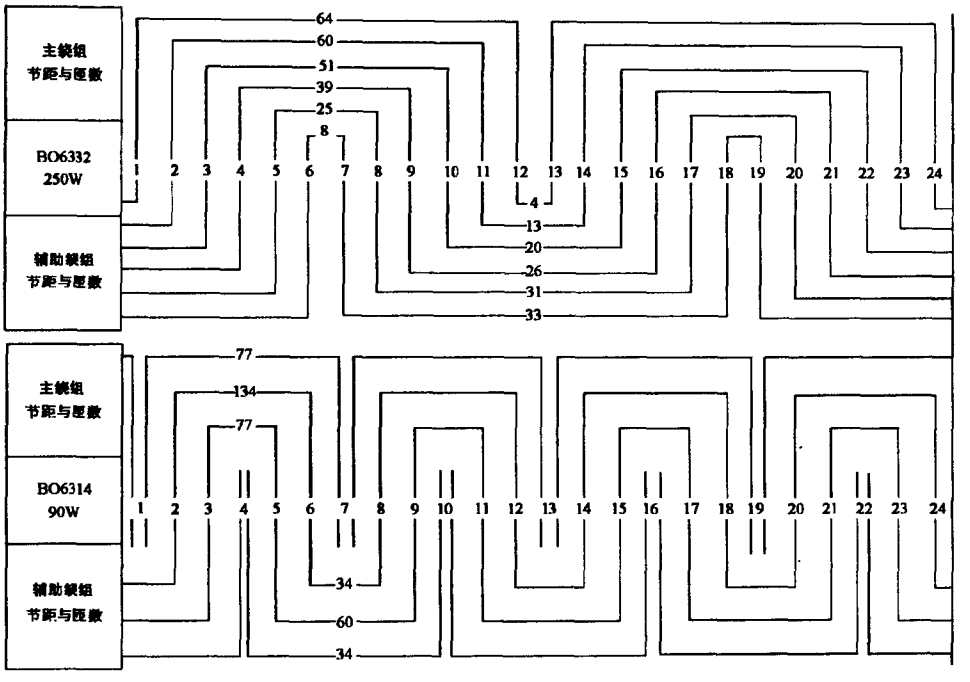


图 12－100　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(4)

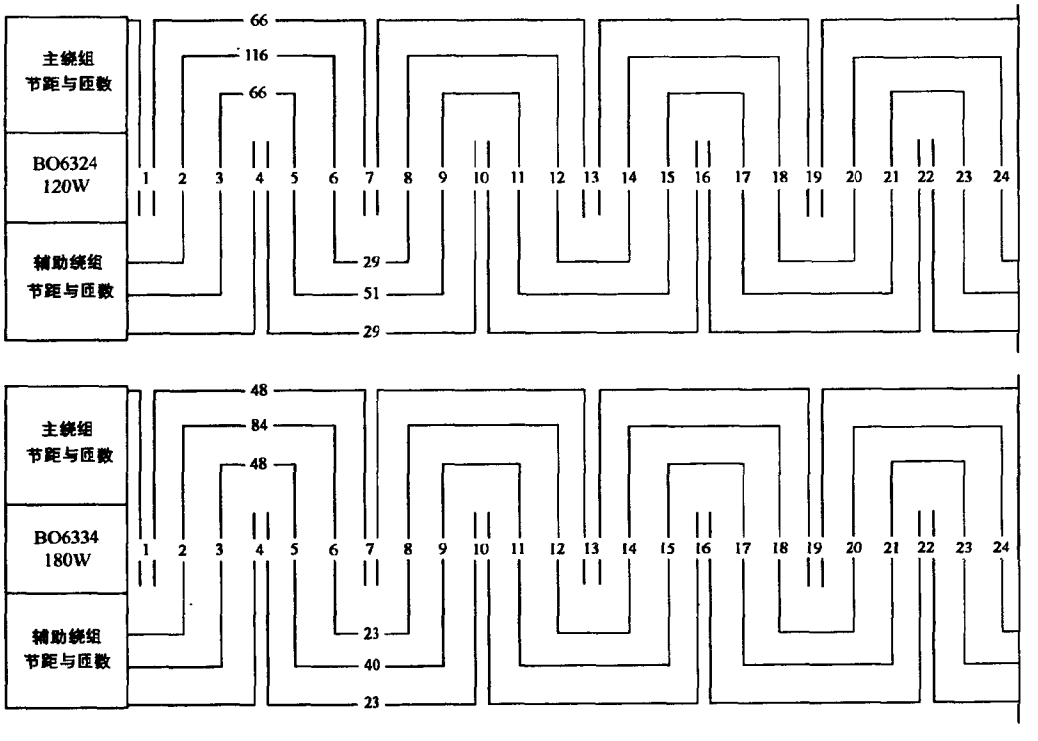


图 12－101　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(5)

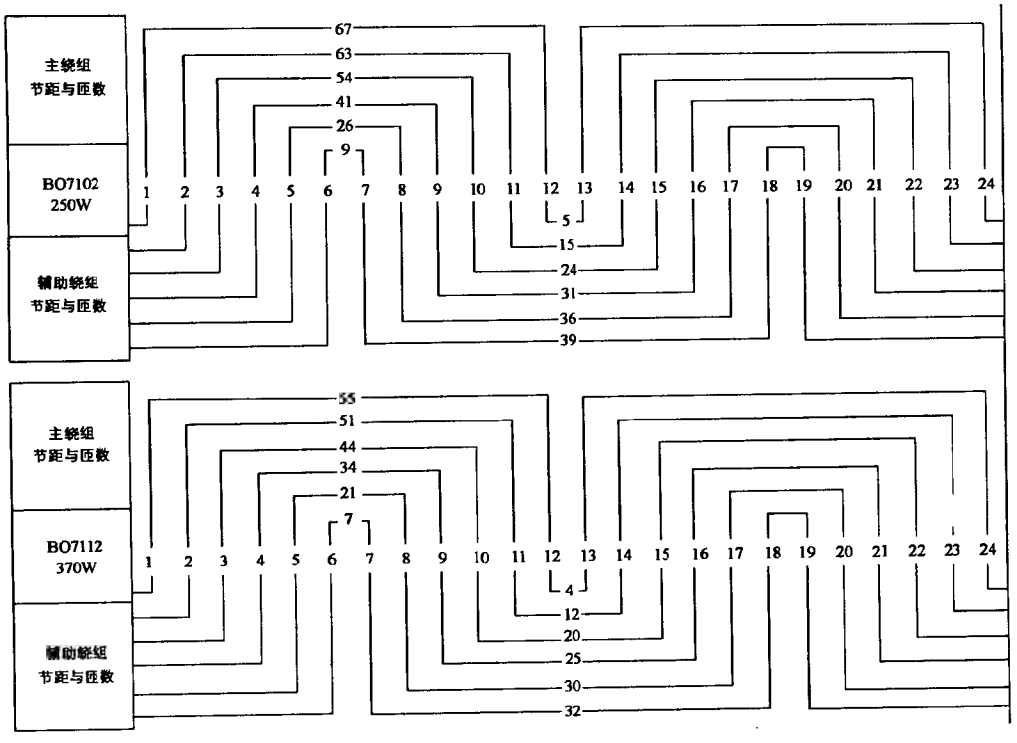


图 12－102　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(6)

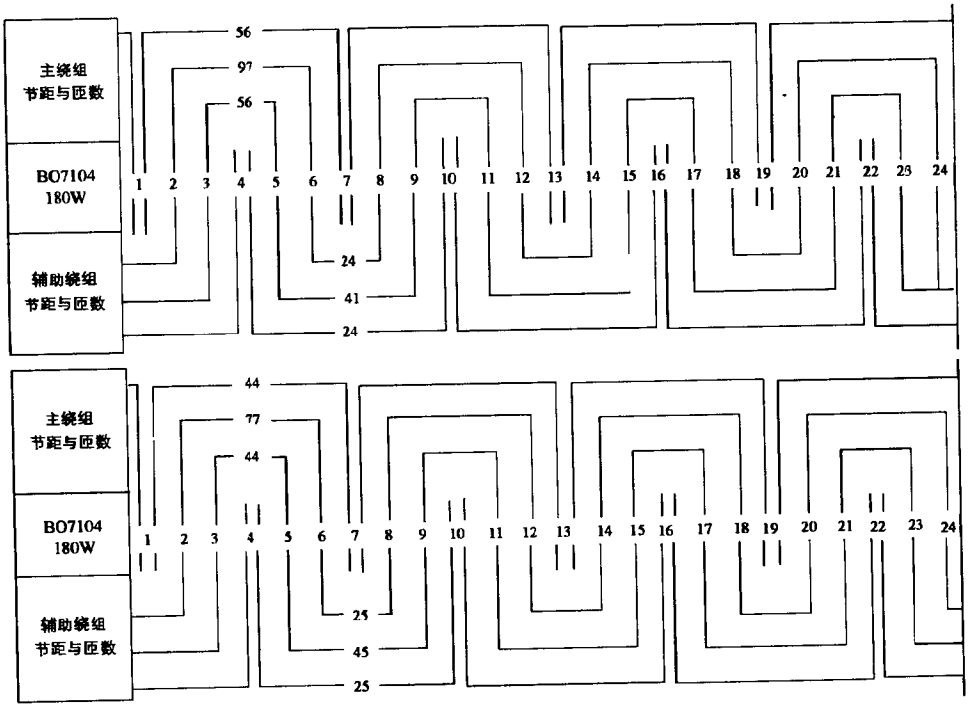


图 12－103　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(7)

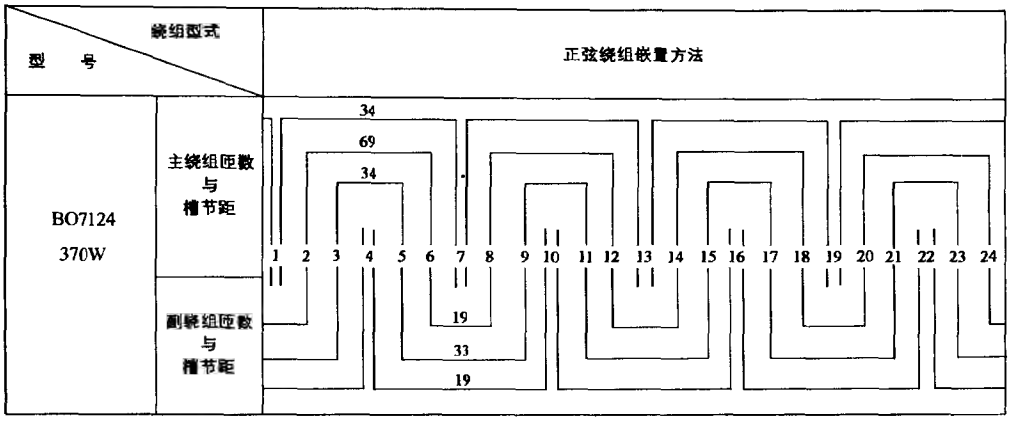
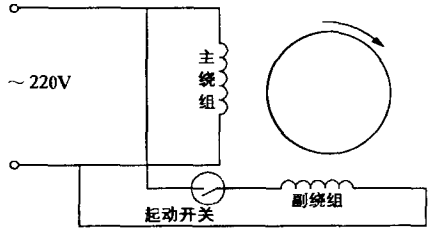


图 12－104　BO 系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图(8)



BO 系列为单相电阻分相起动异步电动机。其定子有主绕组、副绕组，它们在空间上互差 90°电角度。起动时副绕组经离心开关(起动开关)与主绕组并接于单相电源。当转速达到或接近额定转速时，离心开关切断副绕组与电源的连接，主绕组单独工作。转子为鼠笼形结构。该类电动机适用于排风扇、鼓风机、小型车床、工业缝纫机、医疗器械等要求负载可变而速度不变的场合。

图 12－105　BO 系列单相电阻分相起动异步电动机接线原理图

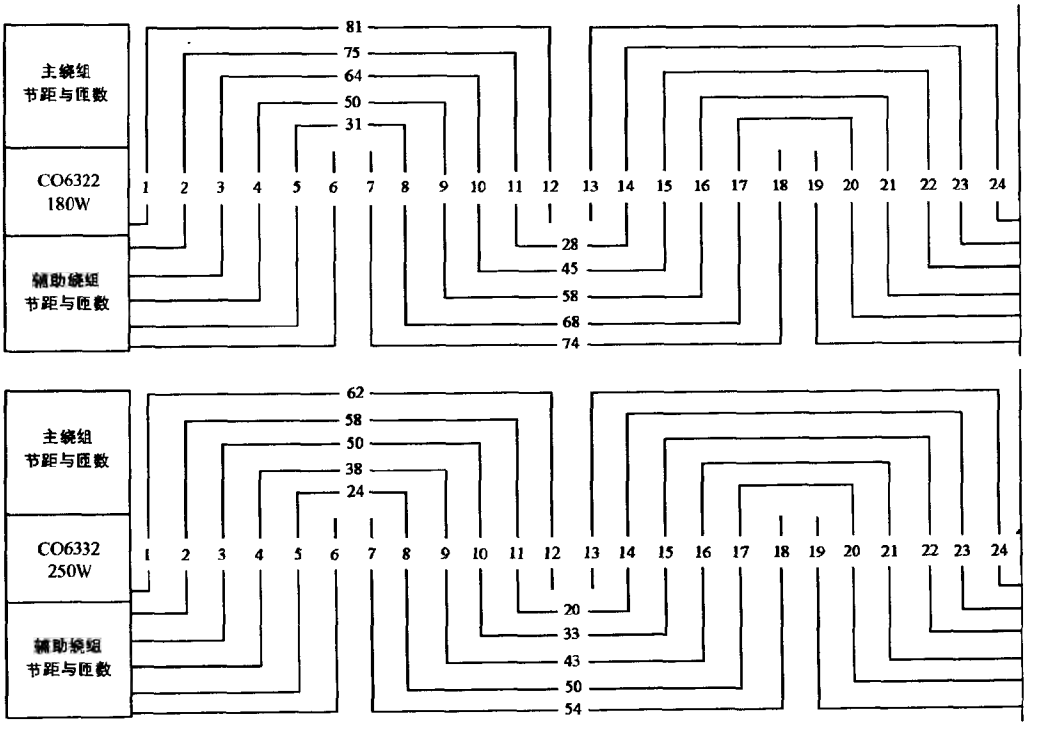


图 12－106　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1)

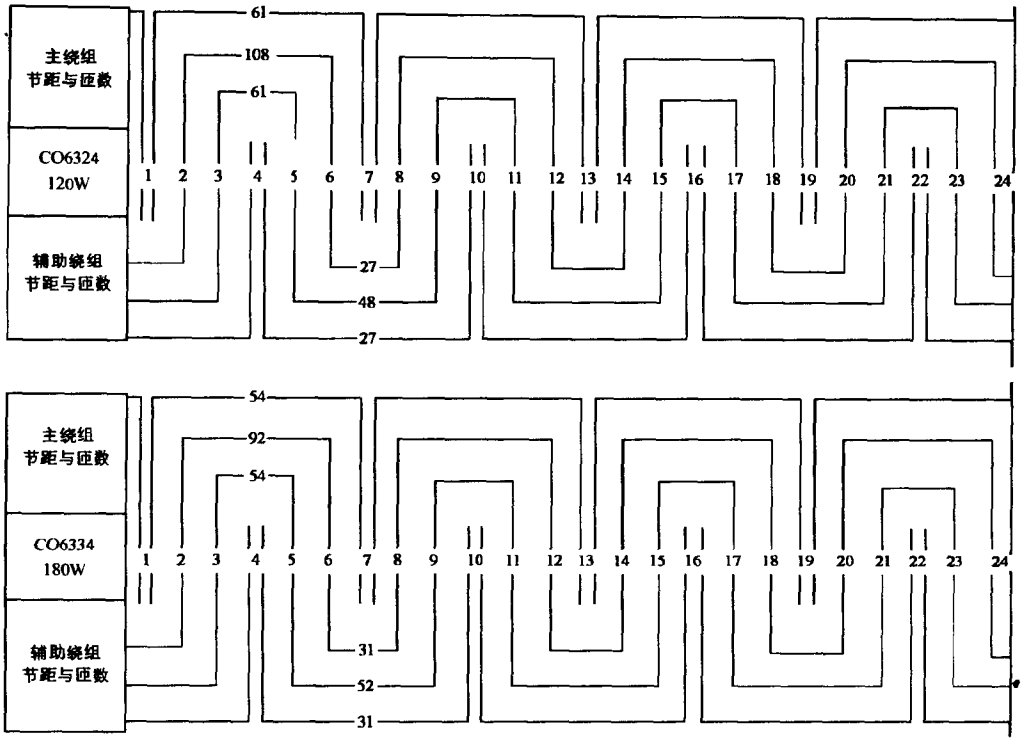


图 12－107　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2)

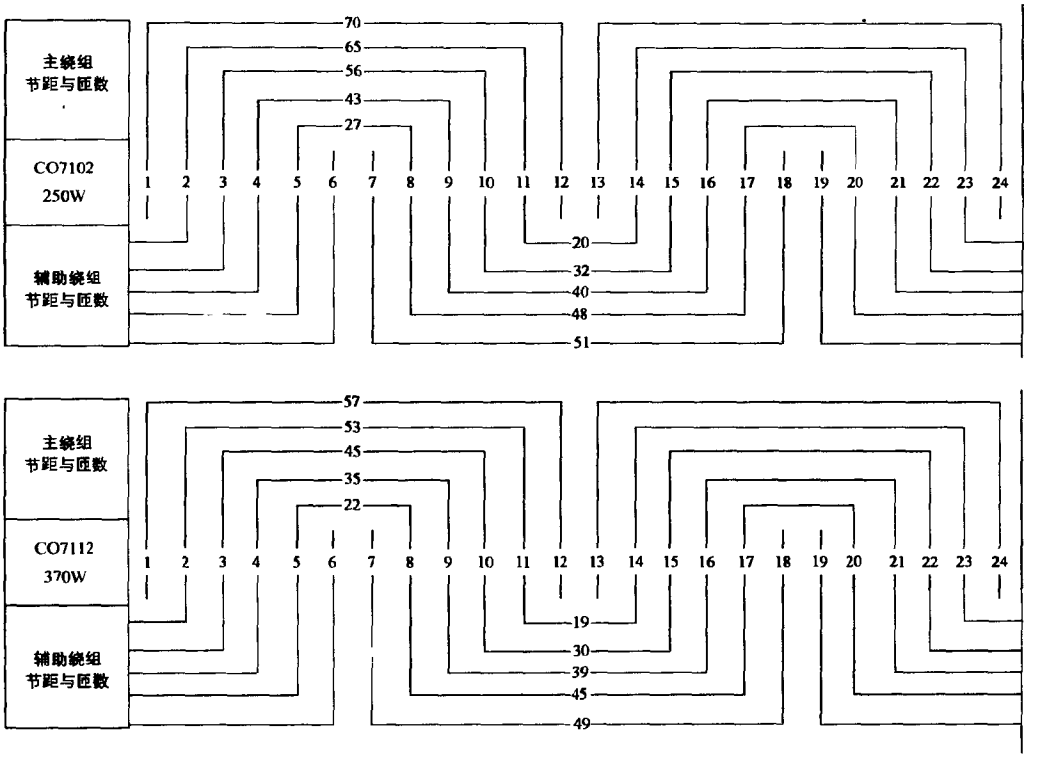


图 12－108　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3)

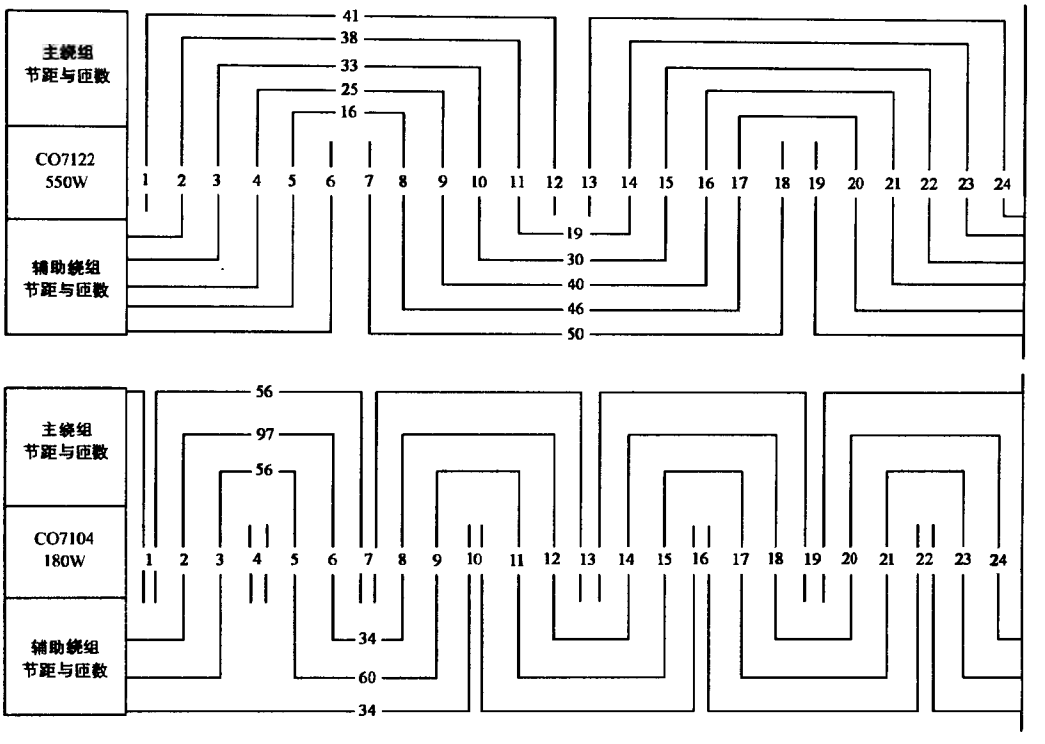


图 12－109　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(4)

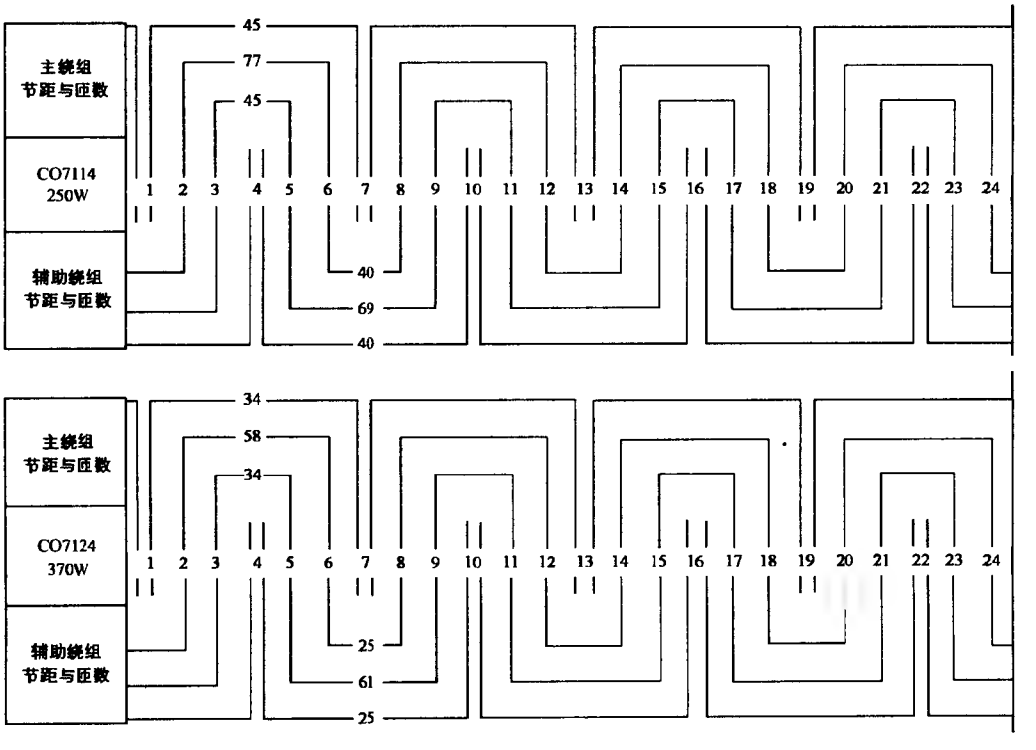


图 12－110　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(5)

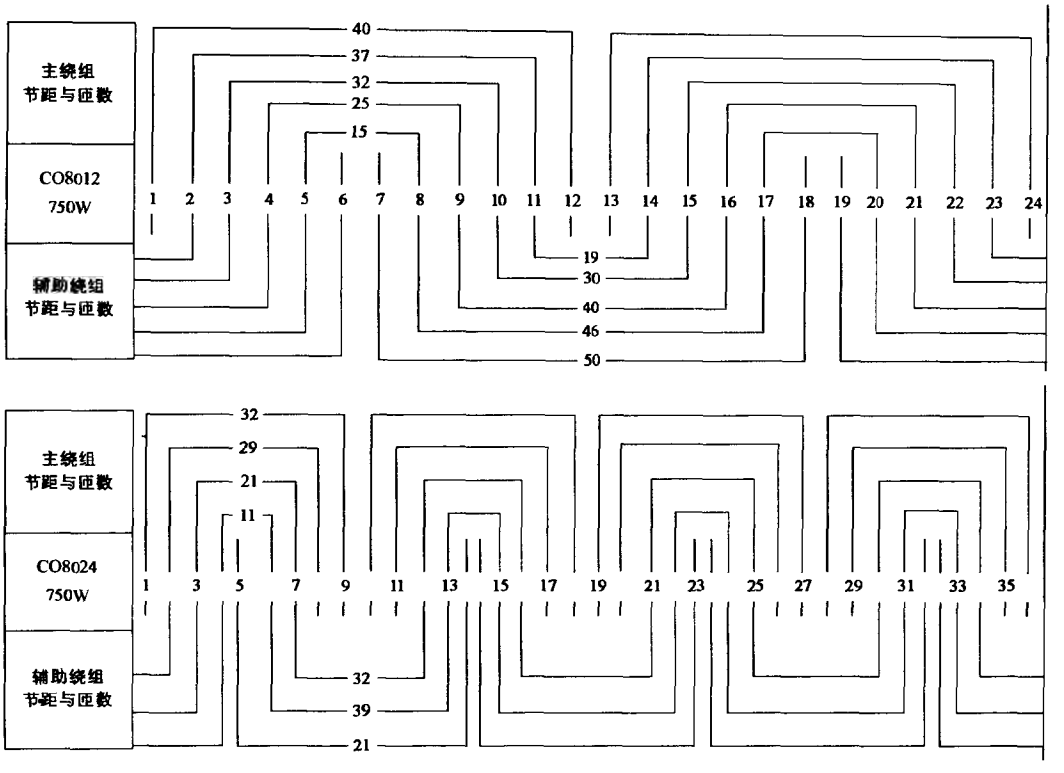


图 12－111　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(6)

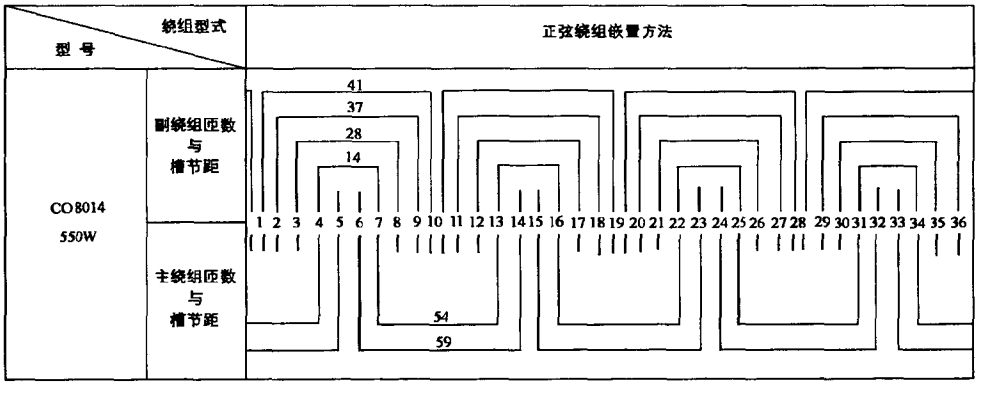
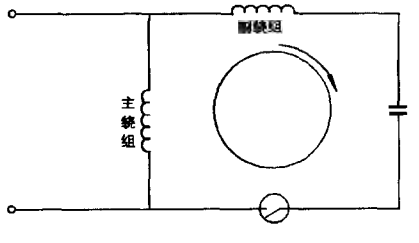


图 12－112　CO 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(7)



CO 系列单相异步电动机，其定子上有主绕组、副绕组，它们在空间上互差 90°电角度。起动时副绕组与起动电容器串联，经离心开关(起动开关)与主绕组并接于单相电源。当电动机转速接近额定转速时，离心开关动作，将副绕组和起动电容器断开，主绕组单独运行。该类电动机为鼠笼型转子。

图 12－113　CO 系列单相电容起动异步式电动机绕组接线原理图

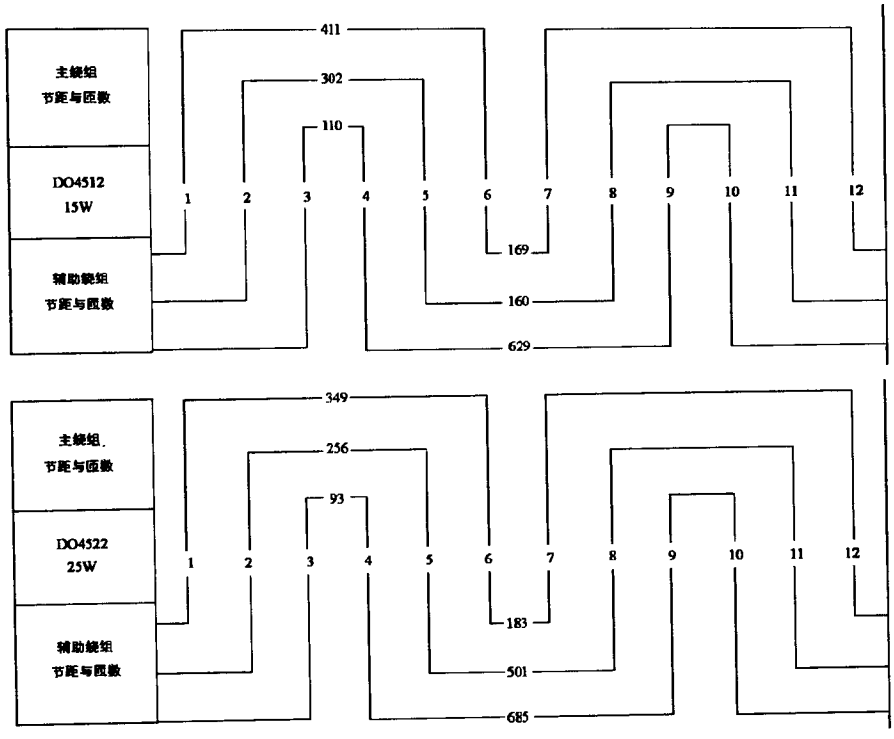


图 12－114　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1)

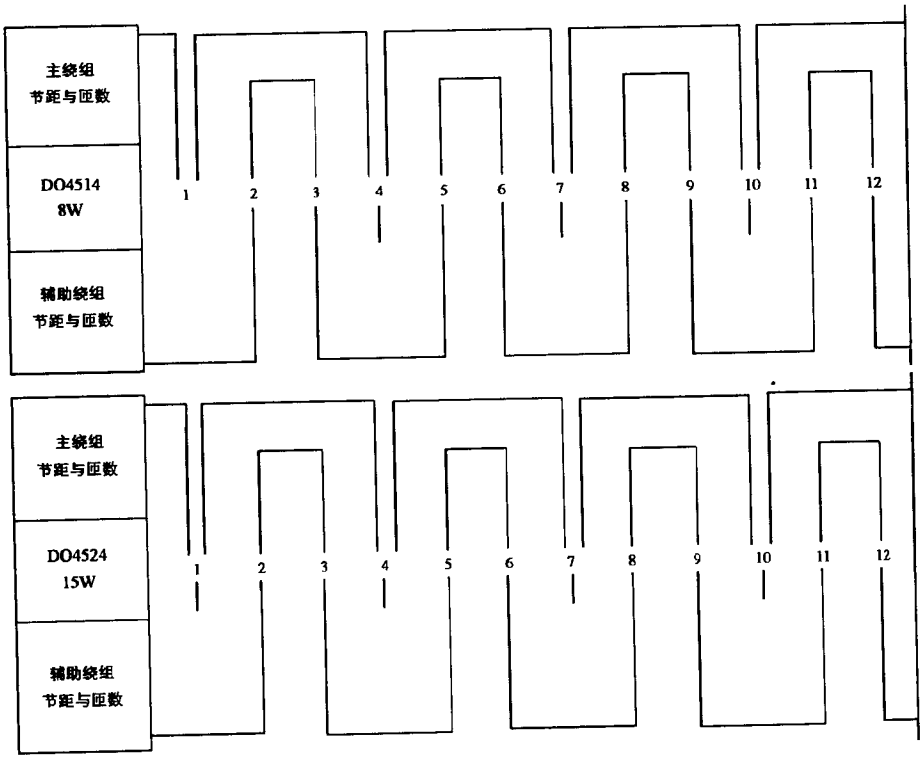


图 12－115　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2)

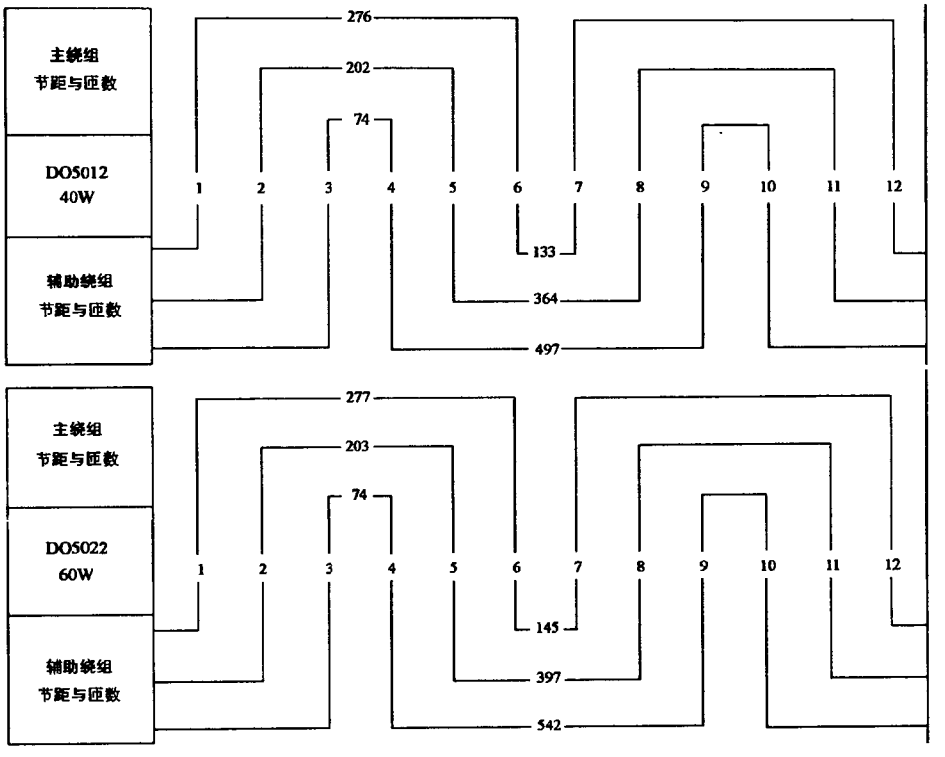


图 12－116　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3)

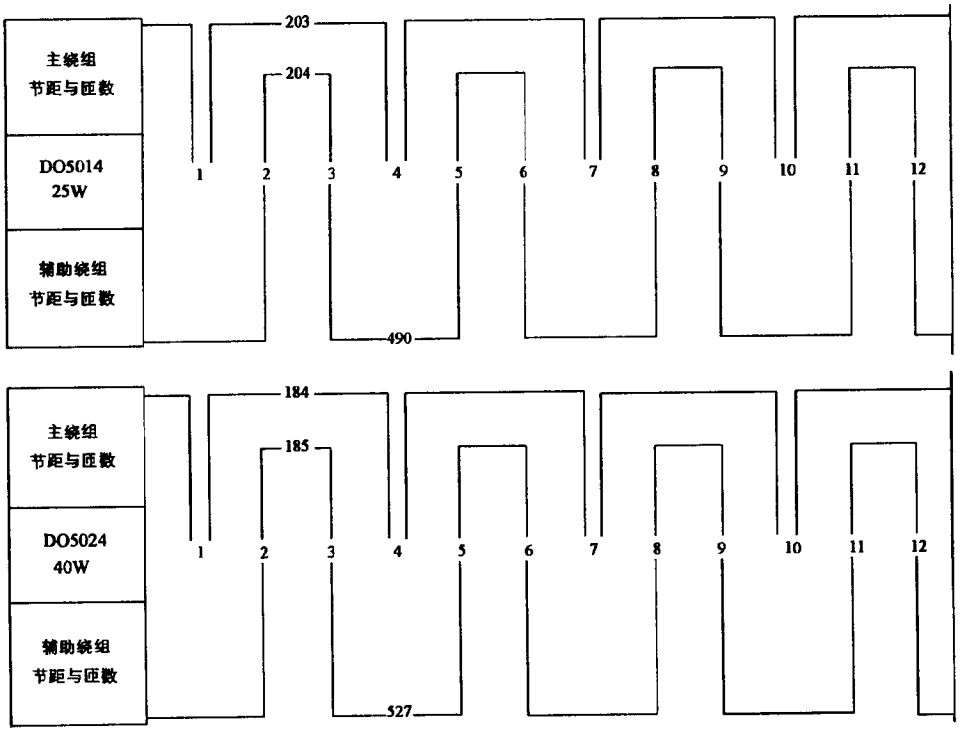
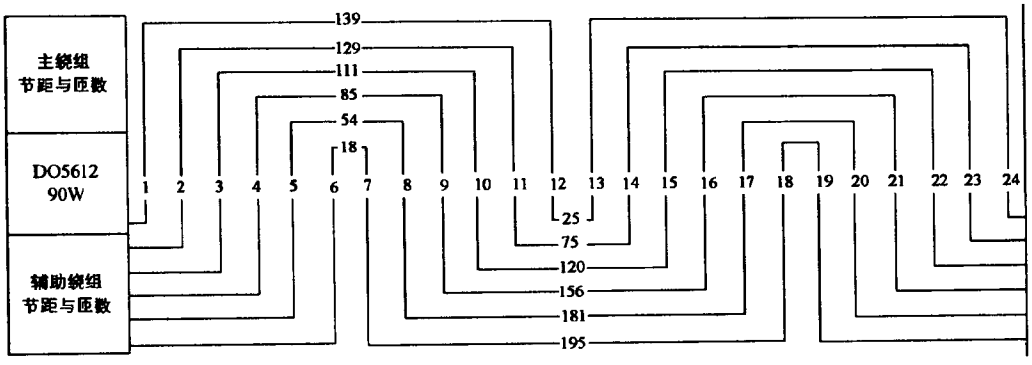


图 12－117　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4)



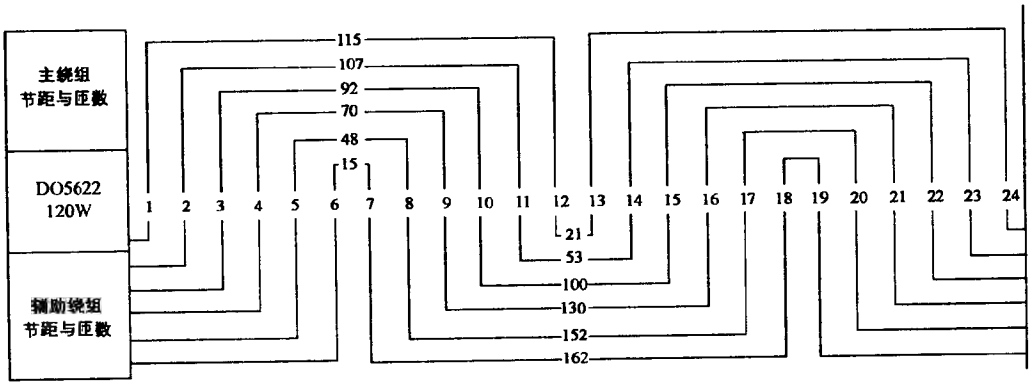
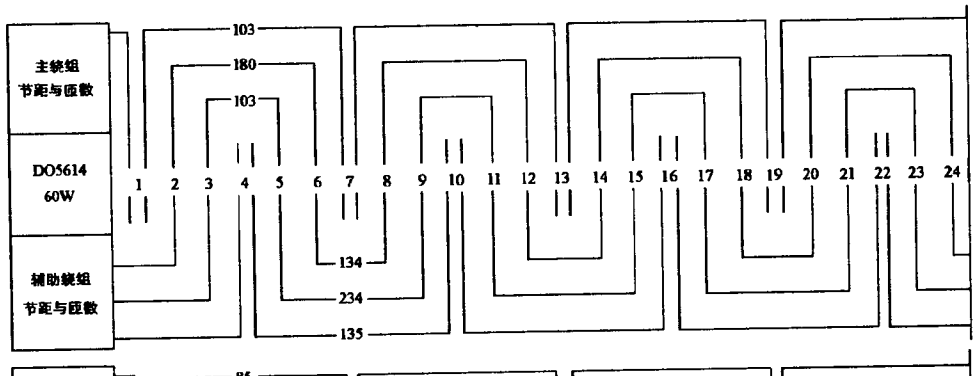


图 12－118　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(5)



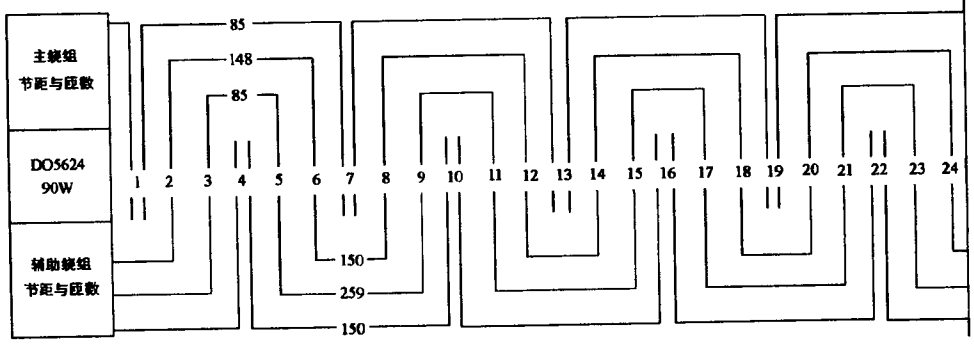


图 12－119　DO 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(6)

第 6 节　BO_2、CO_2、DO_2 系列单相异步电动机绕组布置图

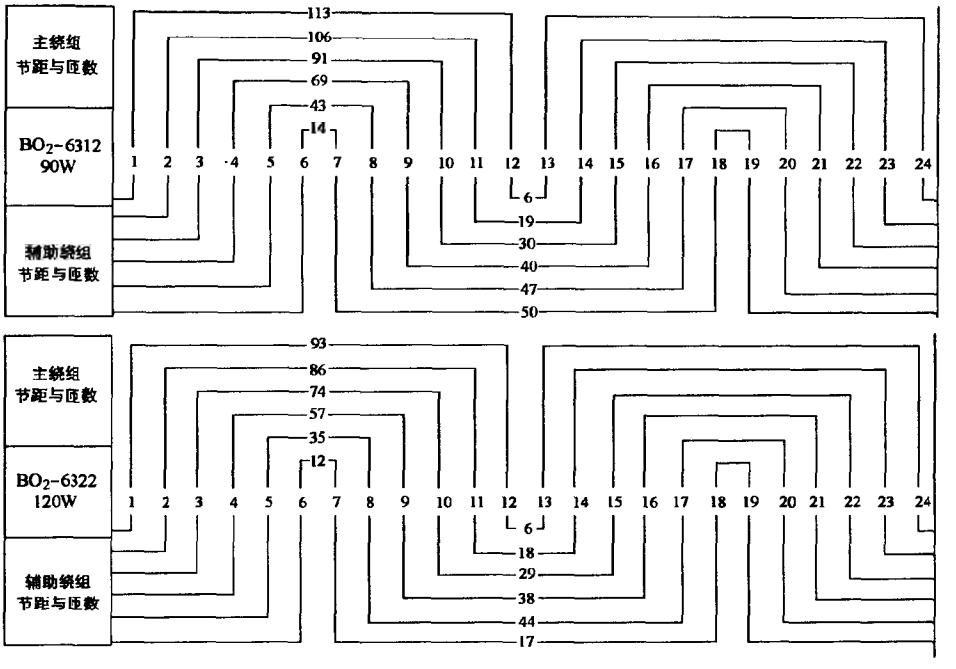


图 12－120　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(1)

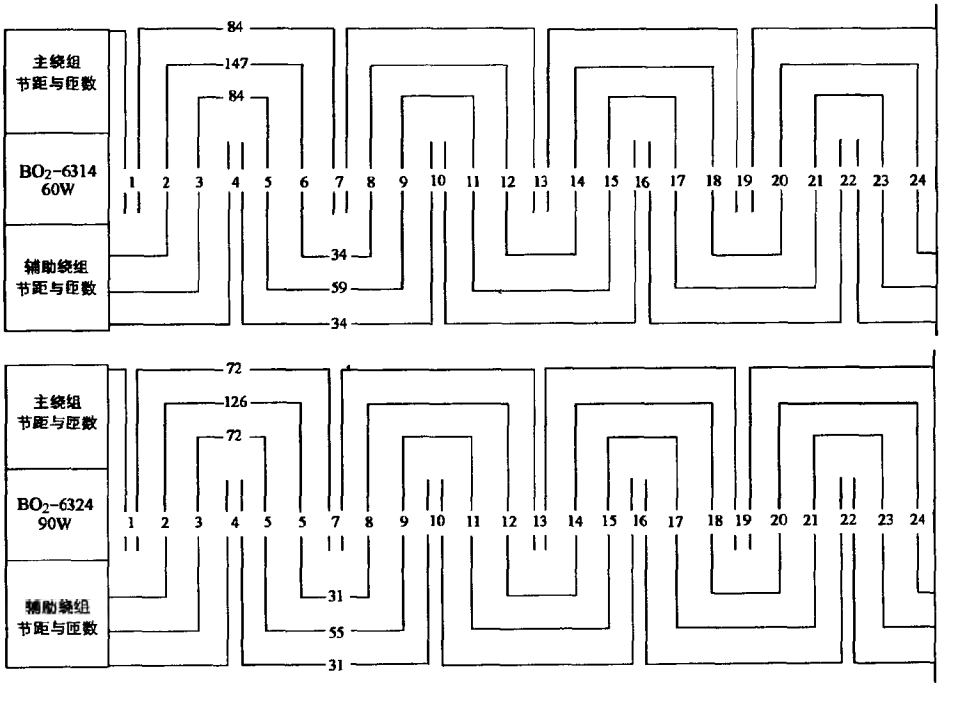


图 12－121　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(2)

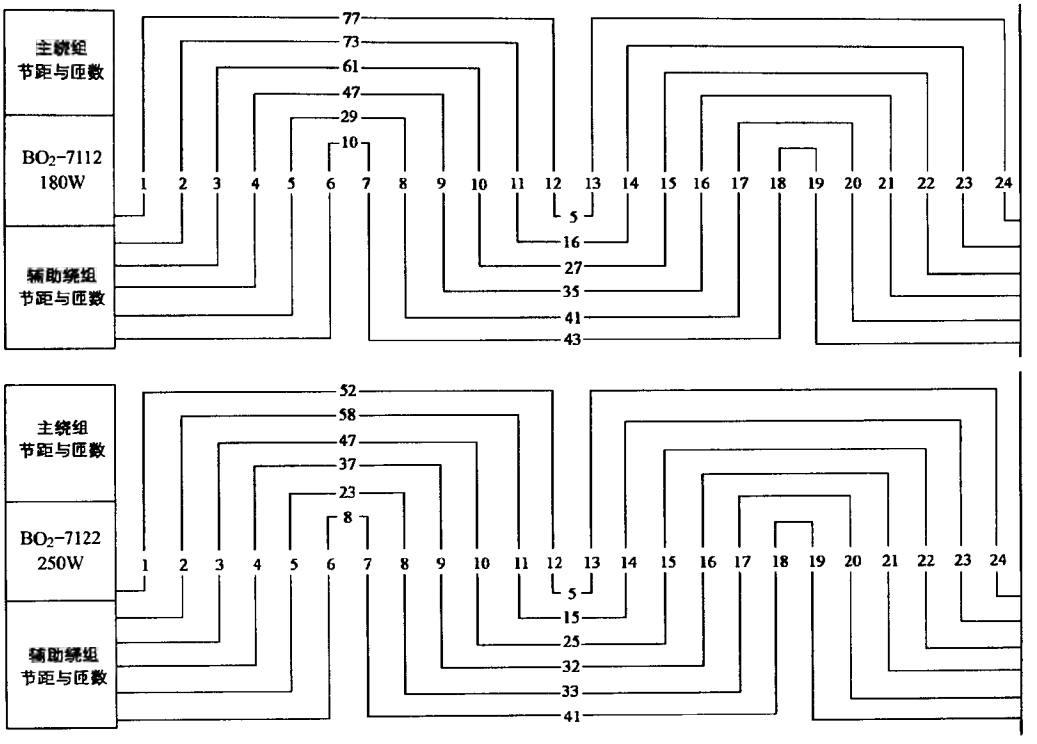


图 12－122　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(3)

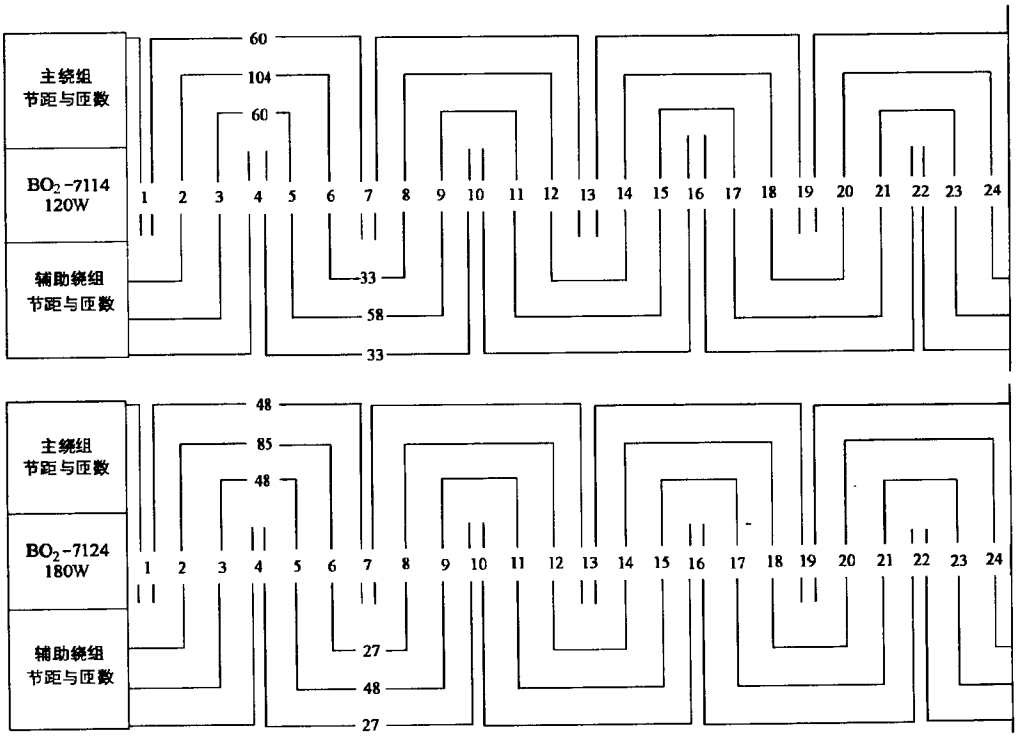


图 12－123　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(4)

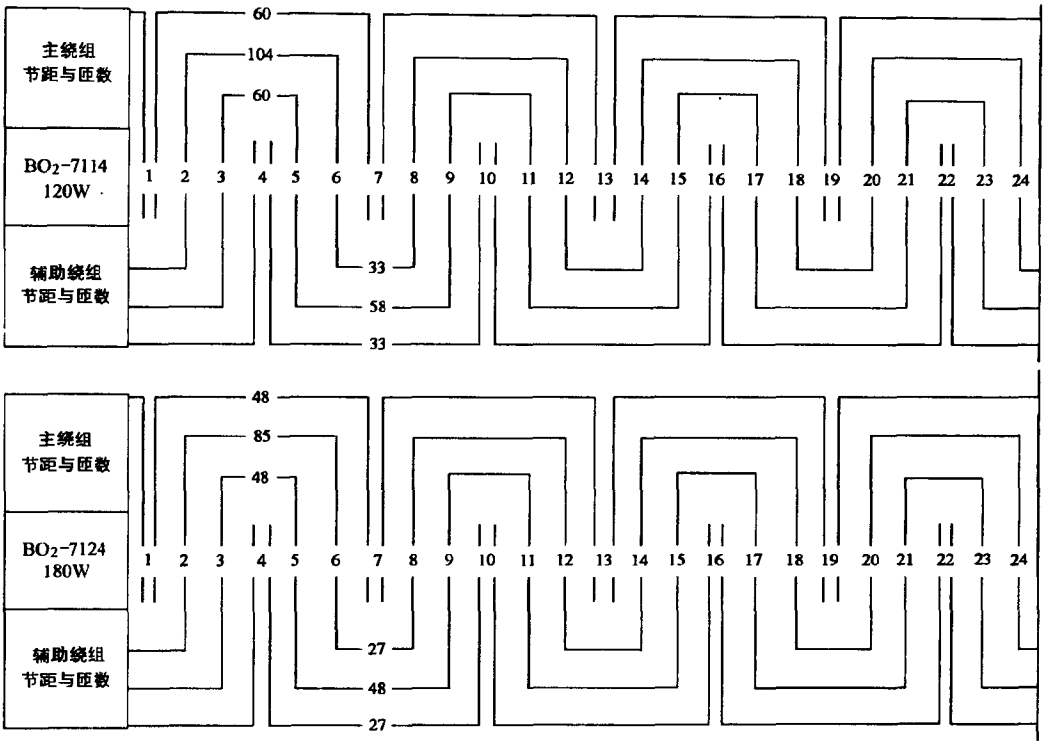


图 12－124　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(5)

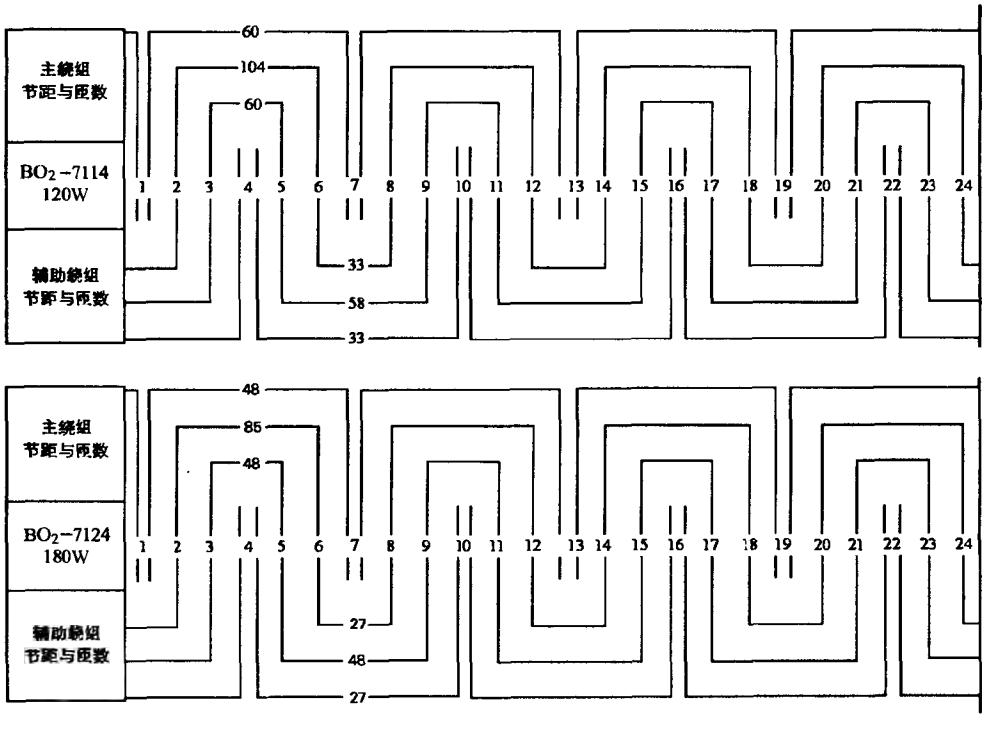


图 12－125　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(6)

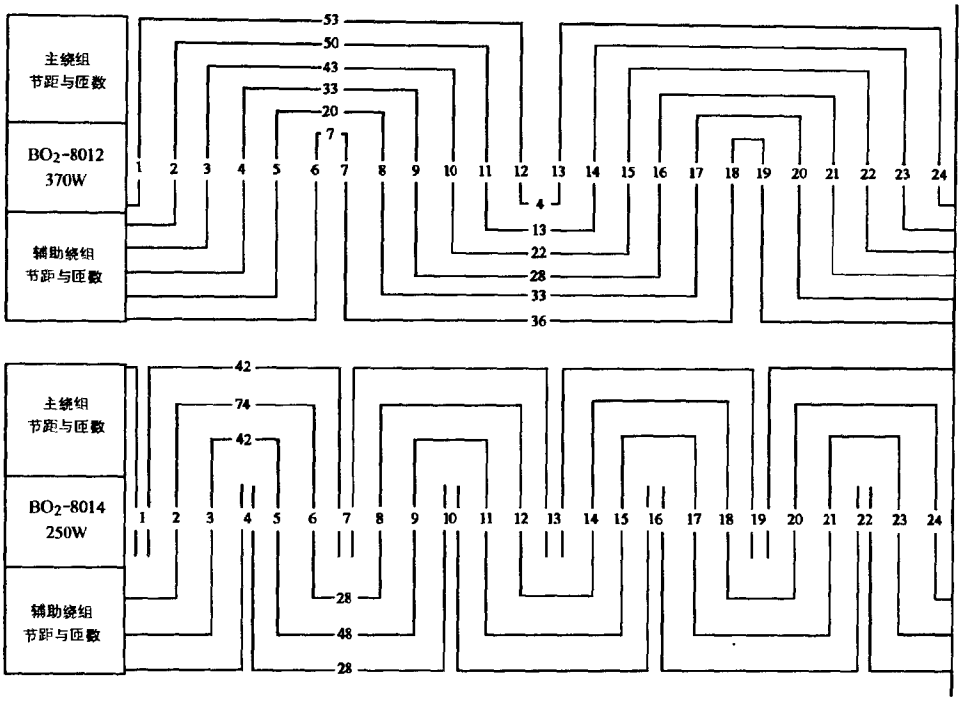


图 12－126　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(7)

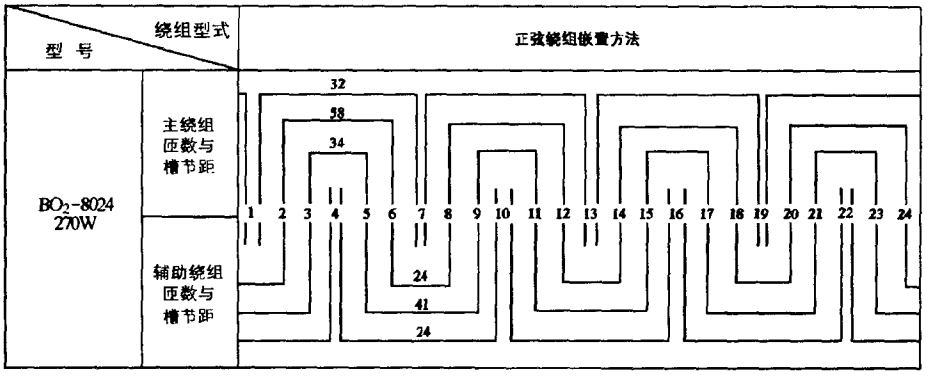
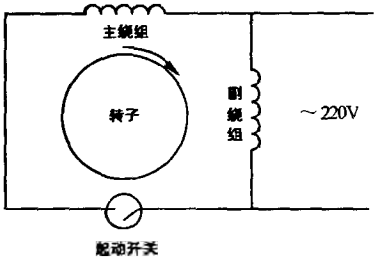


图 12－127　BO_2 系列单相电阻起动式异步电动机绕组布置图(8)



BO_2 系列为单相电阻分相起动异步电动机，适用于起动转矩要求不大的机械、器具，这种电动机有主、副两套绕组，互差 90°电气角度，副绕组与离心开关(起动开关)相接。电动机起动后，当转速接近额定转速时，离心开关自动断开，副绕组即从电源脱离。此后就由主绕组单独工作。

图 12－128　BO_2 系列单相电阻分相起动式异步电动机接线原理图

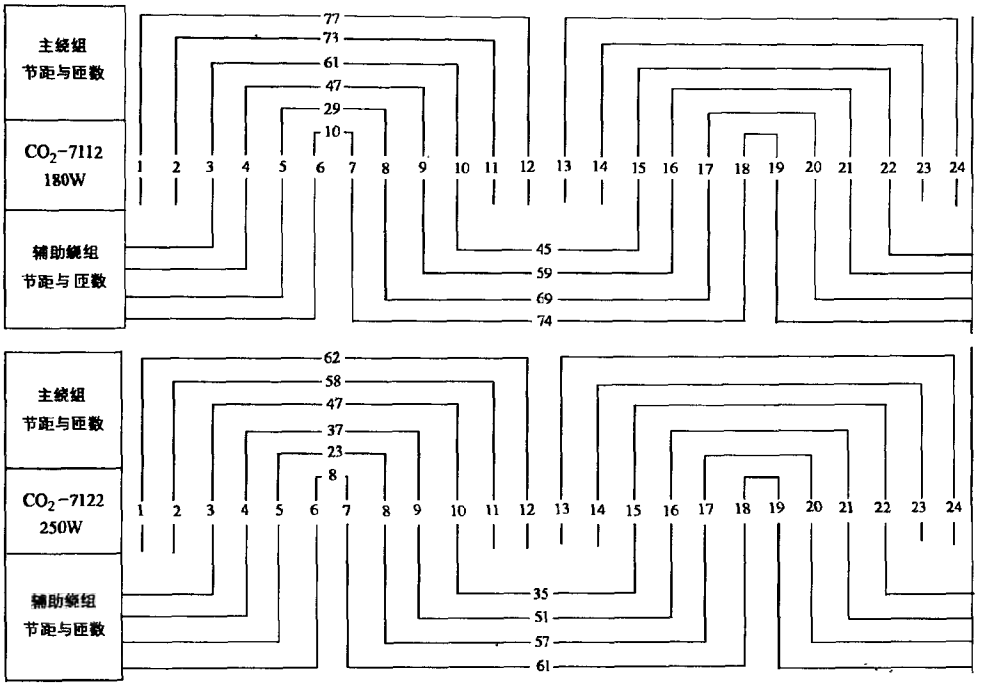


图 12－129　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(1)

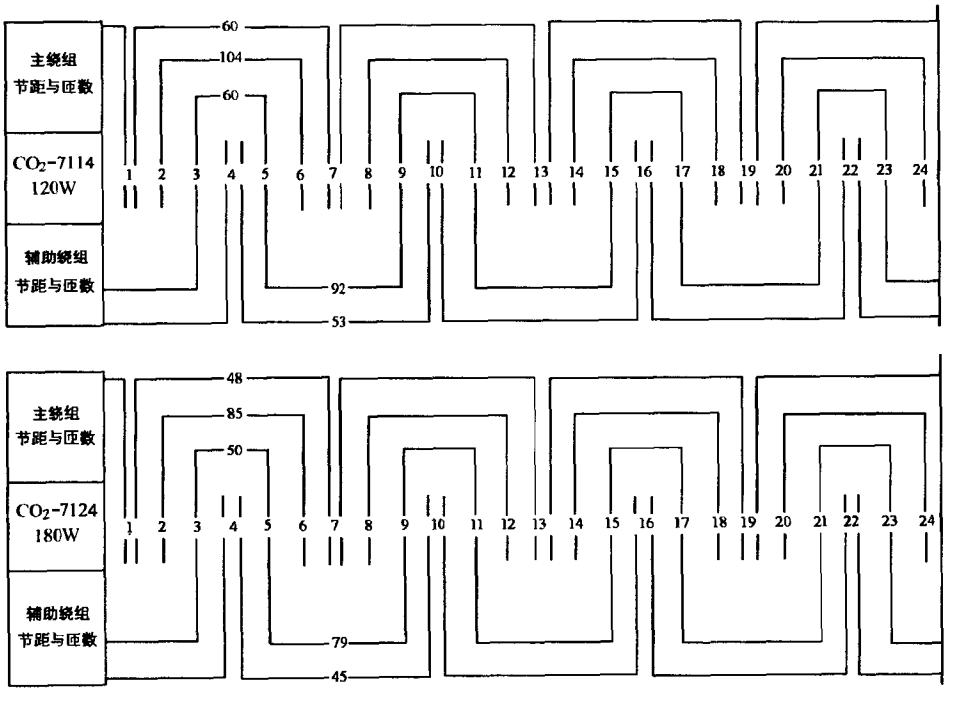


图 12－130　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(2)

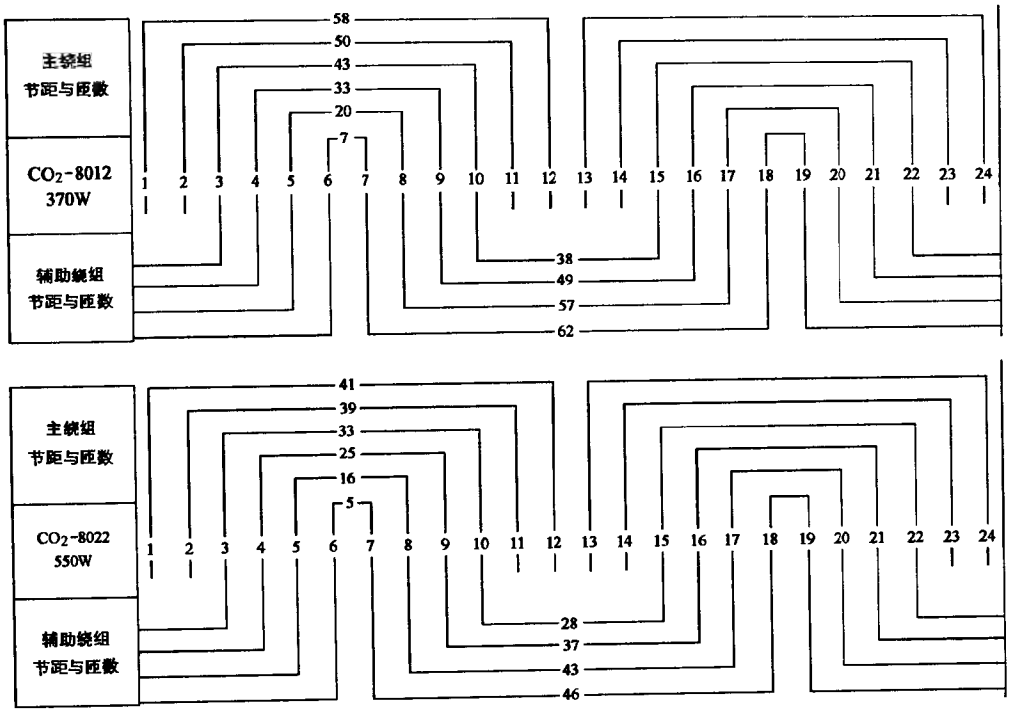


图 12－131　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(3)

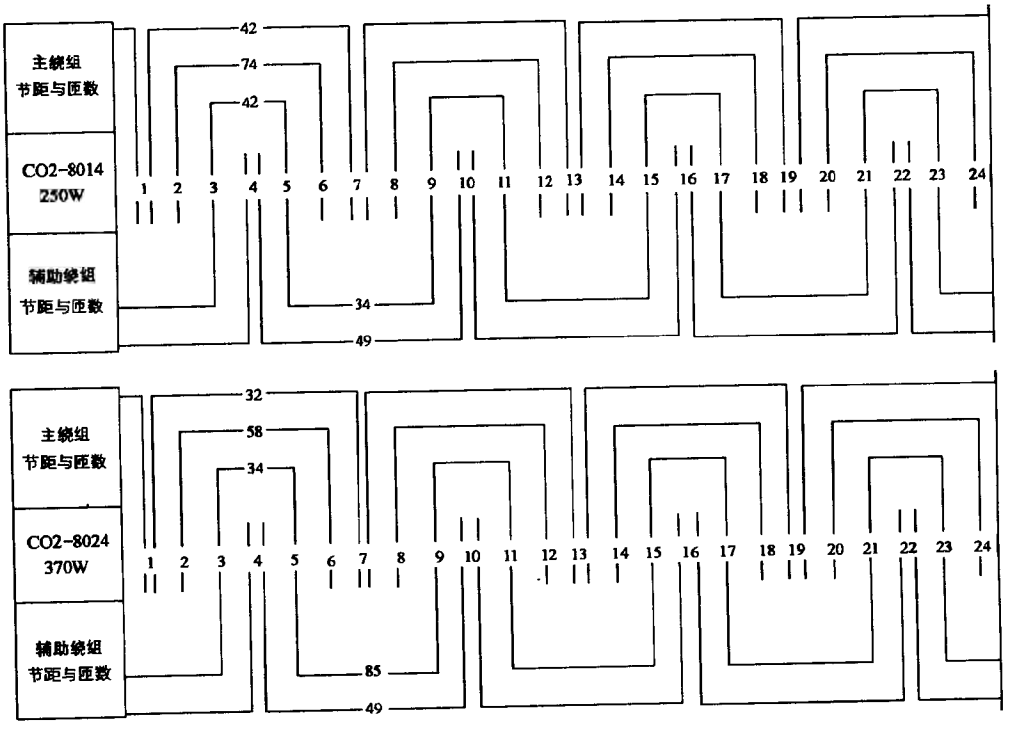


图 12－132　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(4)

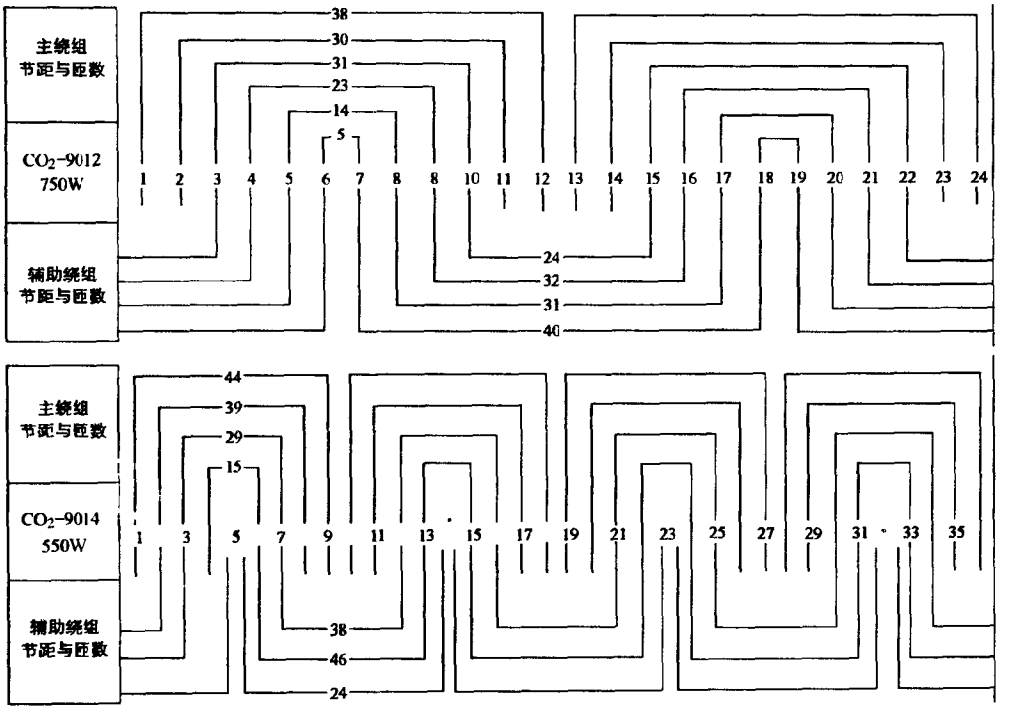


图 12－133　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(5)

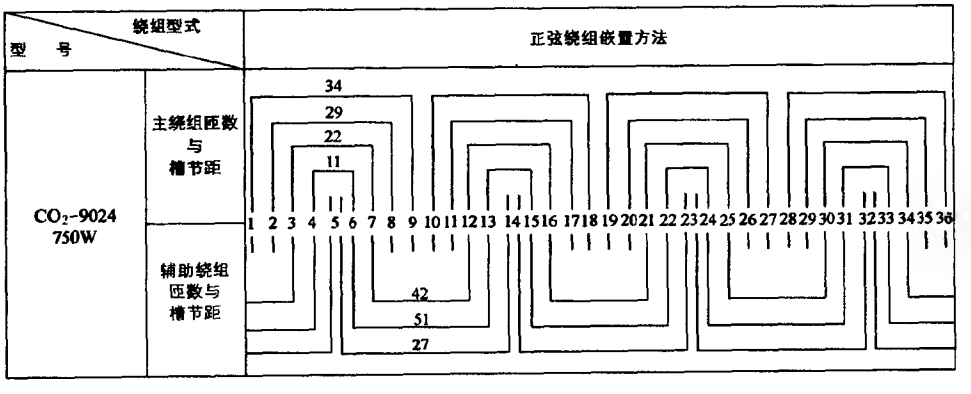
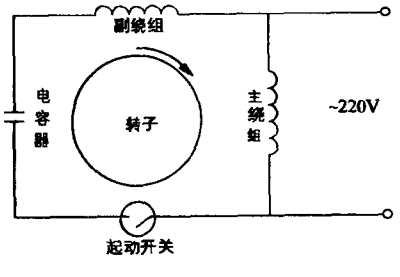


图 12－134　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图(6)



CO_2 系列为单相电容起动异步电动机，适用于起动转矩要求大而起动电流小的场所。这种电动机在绕组电路中增加了一只电容器。当电动机起动后达到或接近额定转速时，离心开关(起动开关)动作使副绕组和电容器与电源脱离，此后就由主绕组独立运行。

图 12－135　CO_2 系列单相电容起动式异步电动机绕组接线原理图

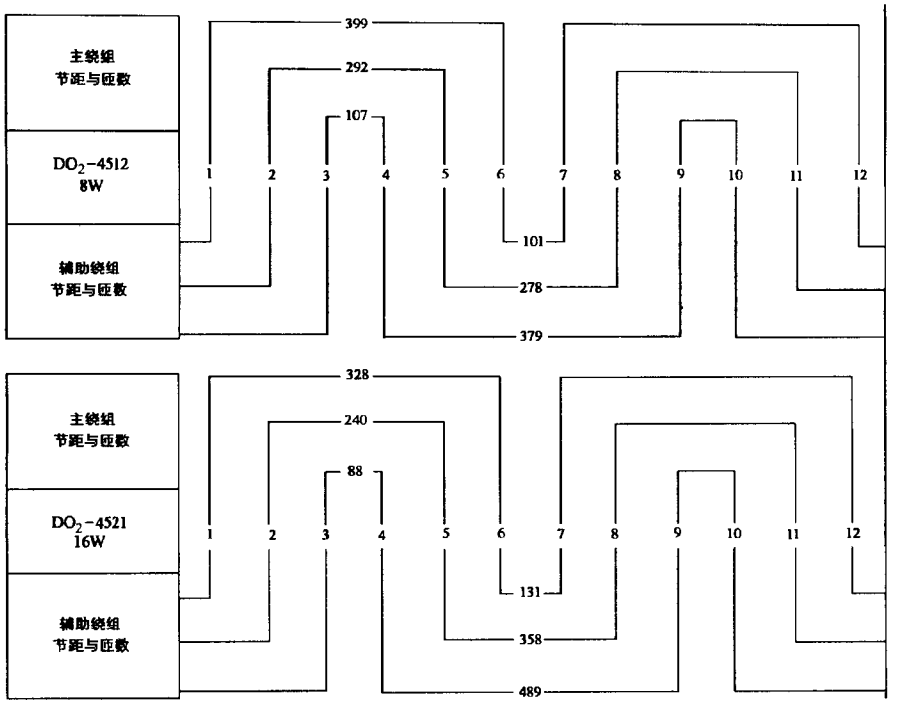


图 12－136　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(1)

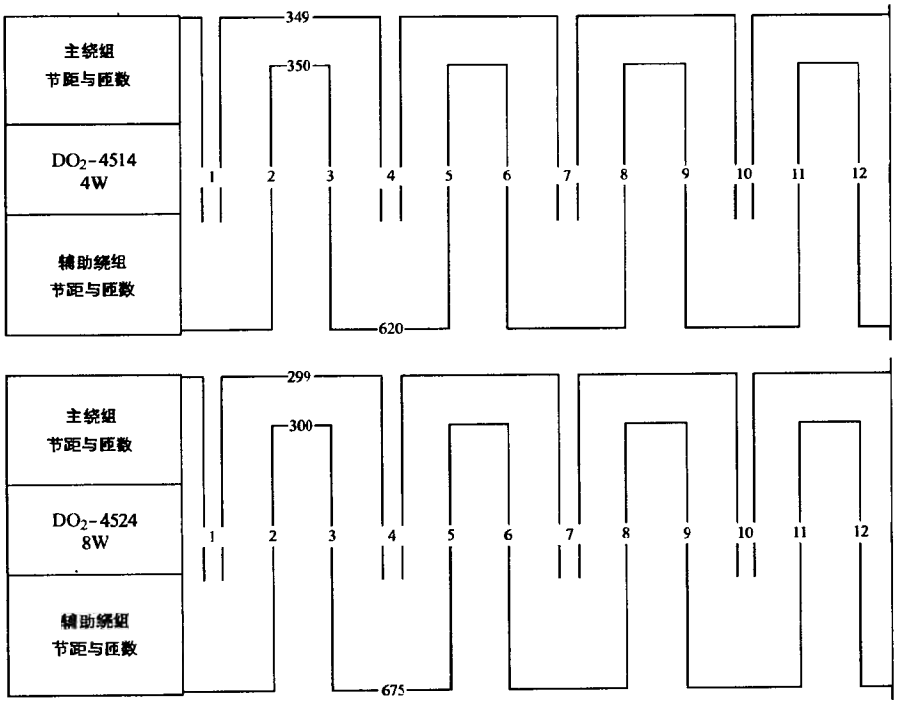


图 12－137　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(2)

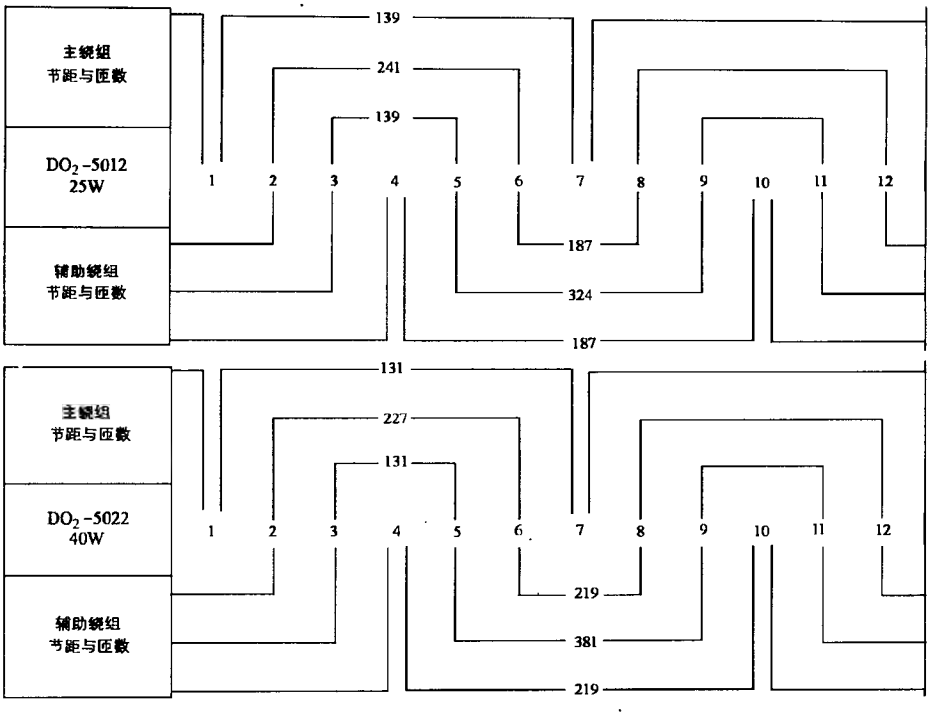


图 12－138　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(3)

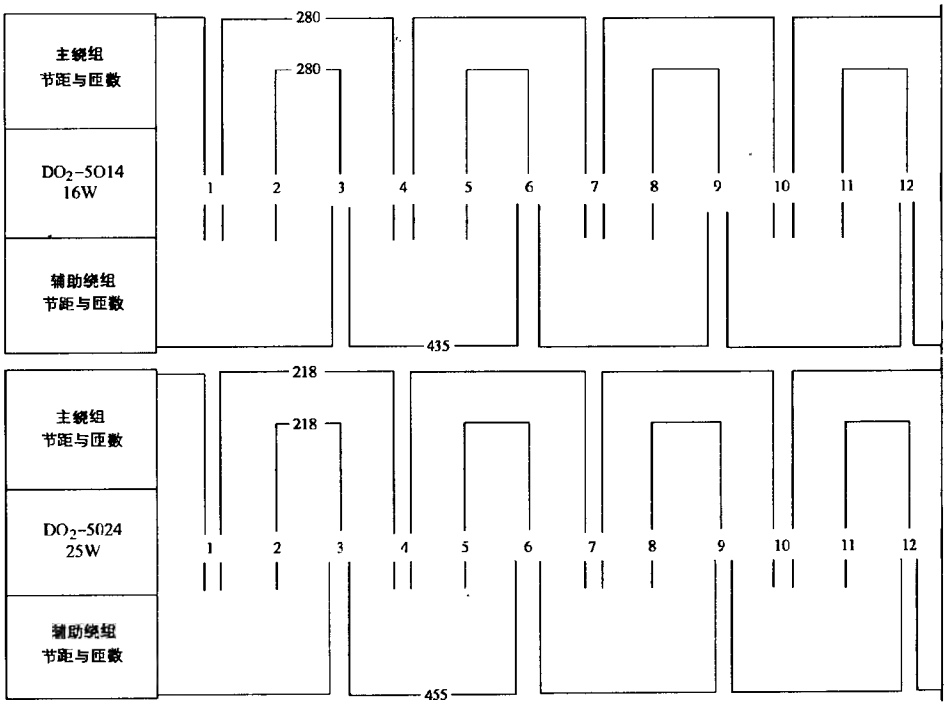


图 12－139　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(4)

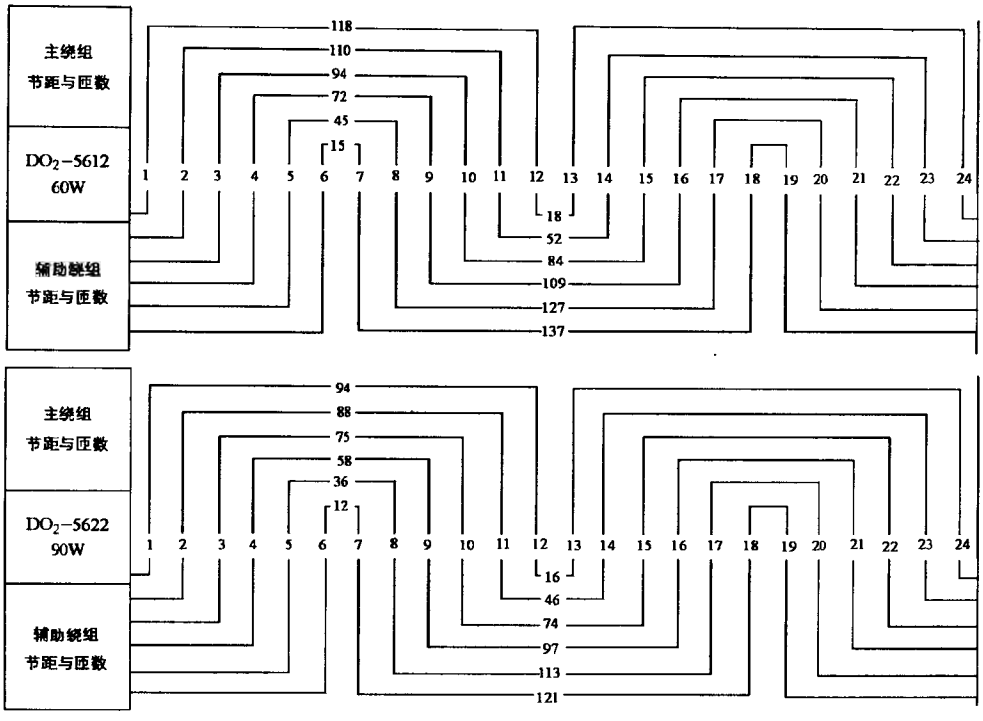


图 12－140　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(5)

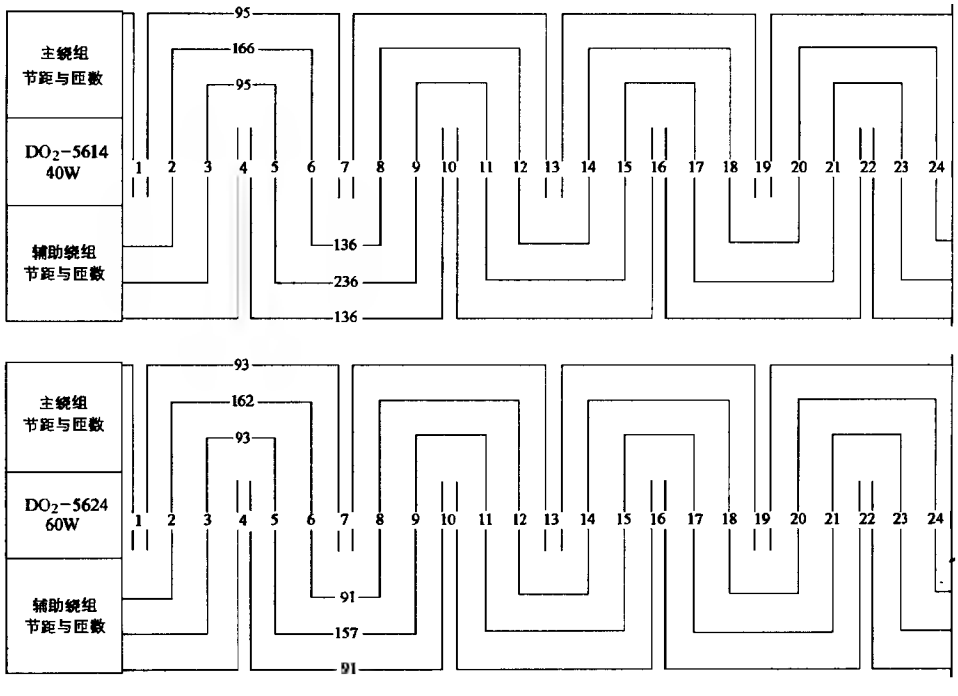


图 12－141　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(6)

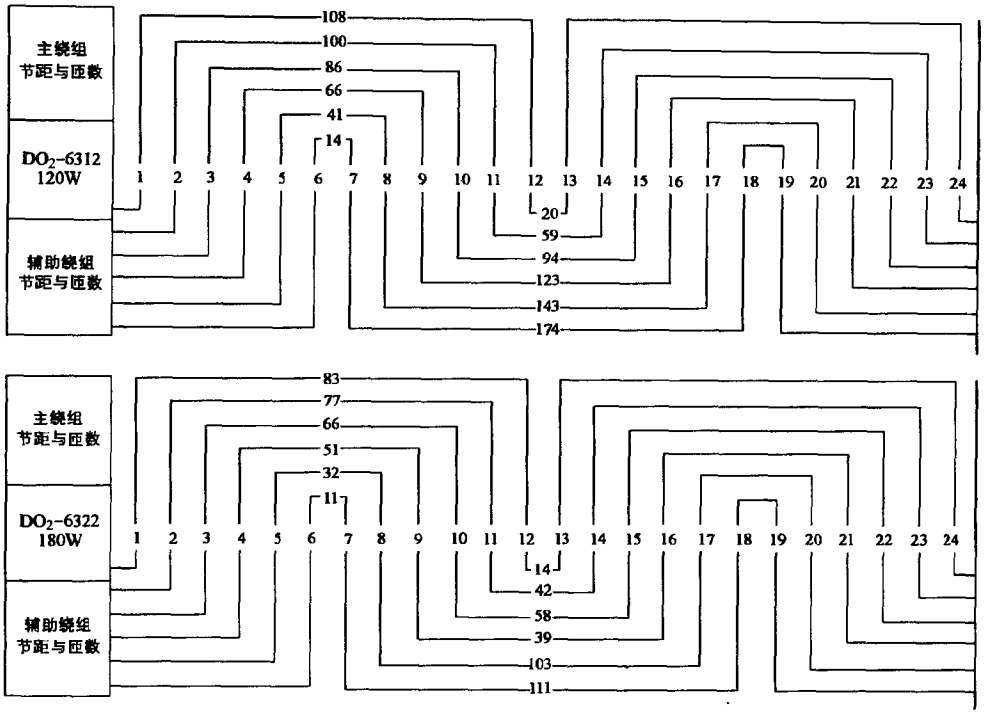


图 12－142　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(7)

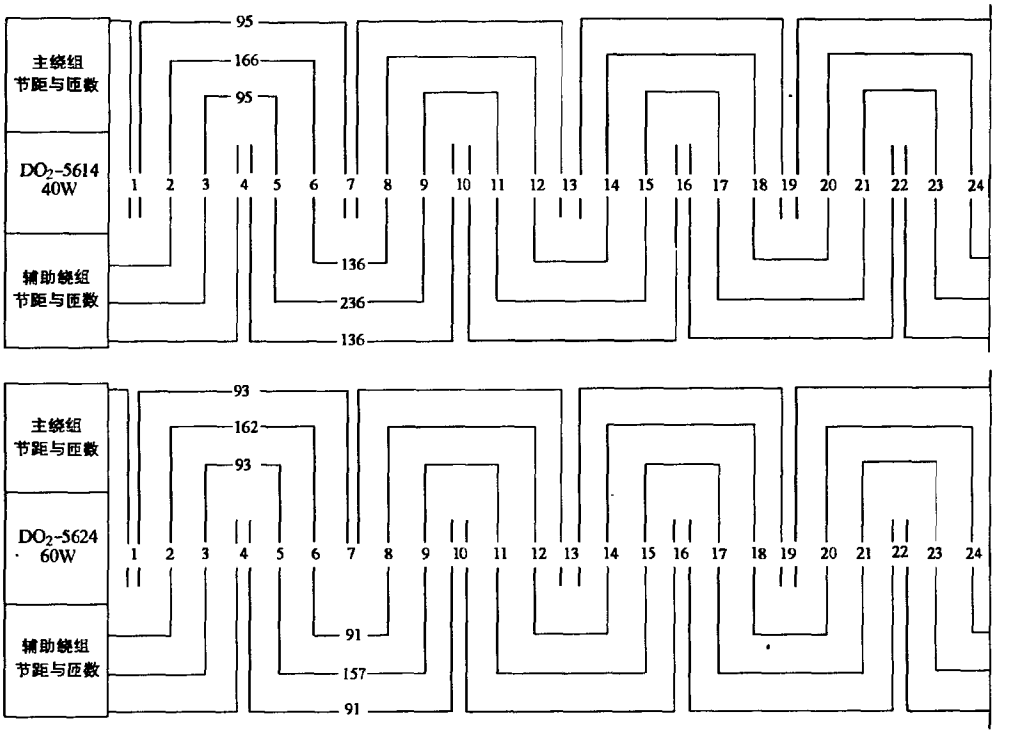


图 12－143　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(8)

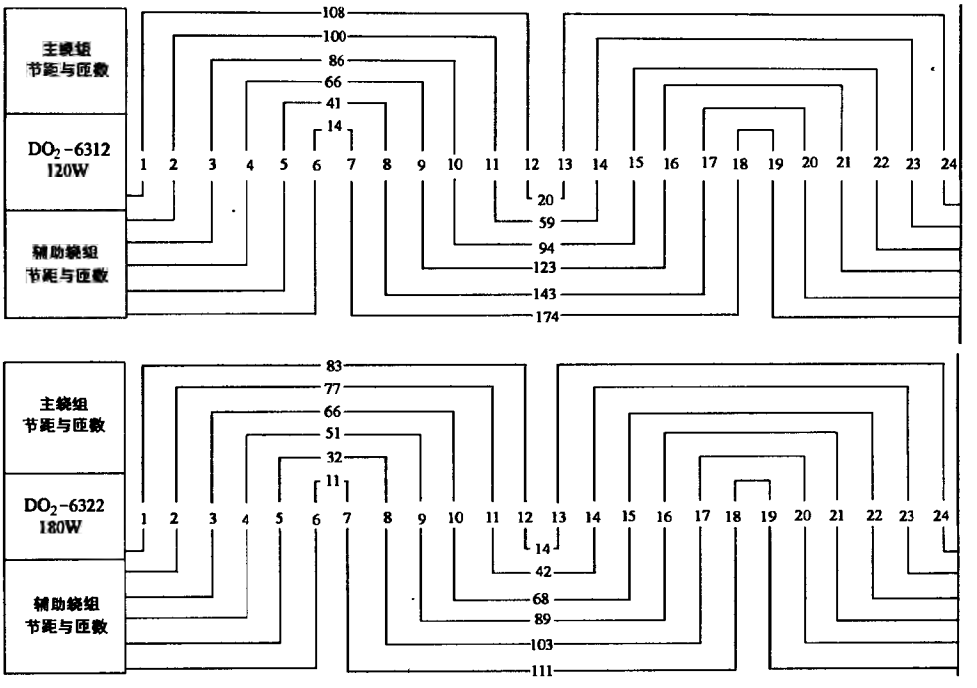


图 12－144　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(9)

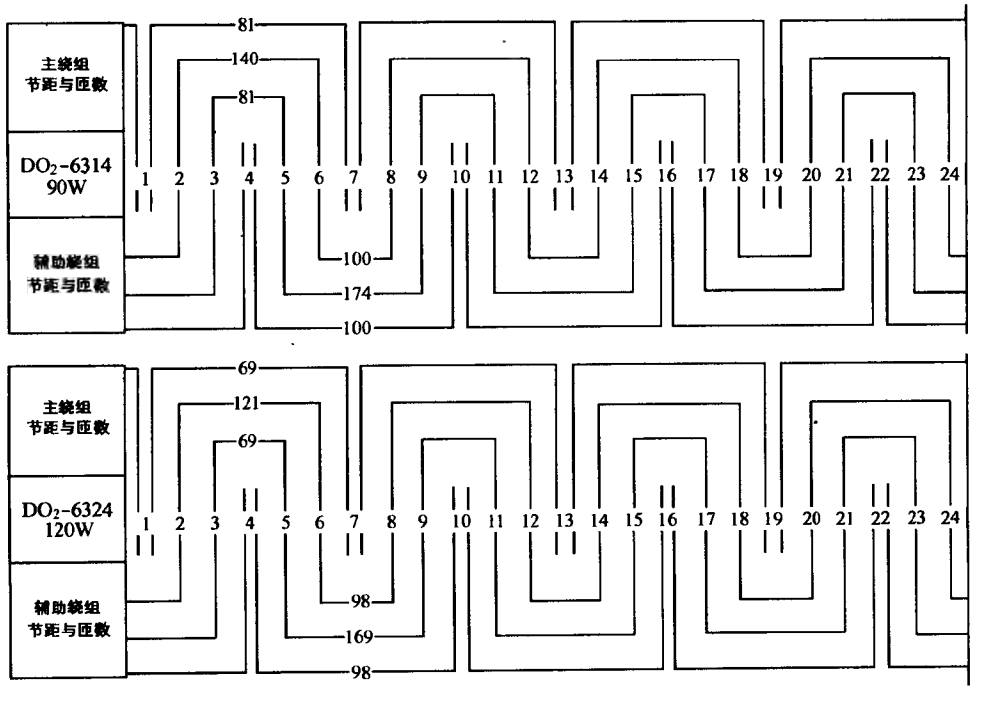


图 12－145　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(10)

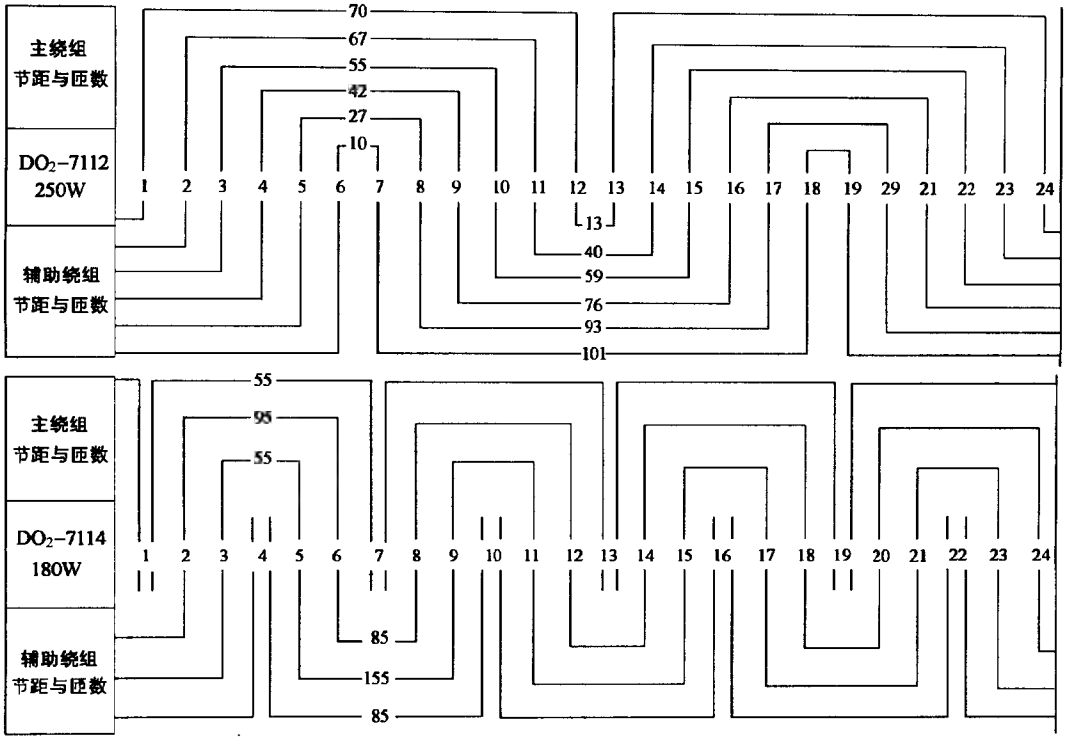


图 12－146　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(11)

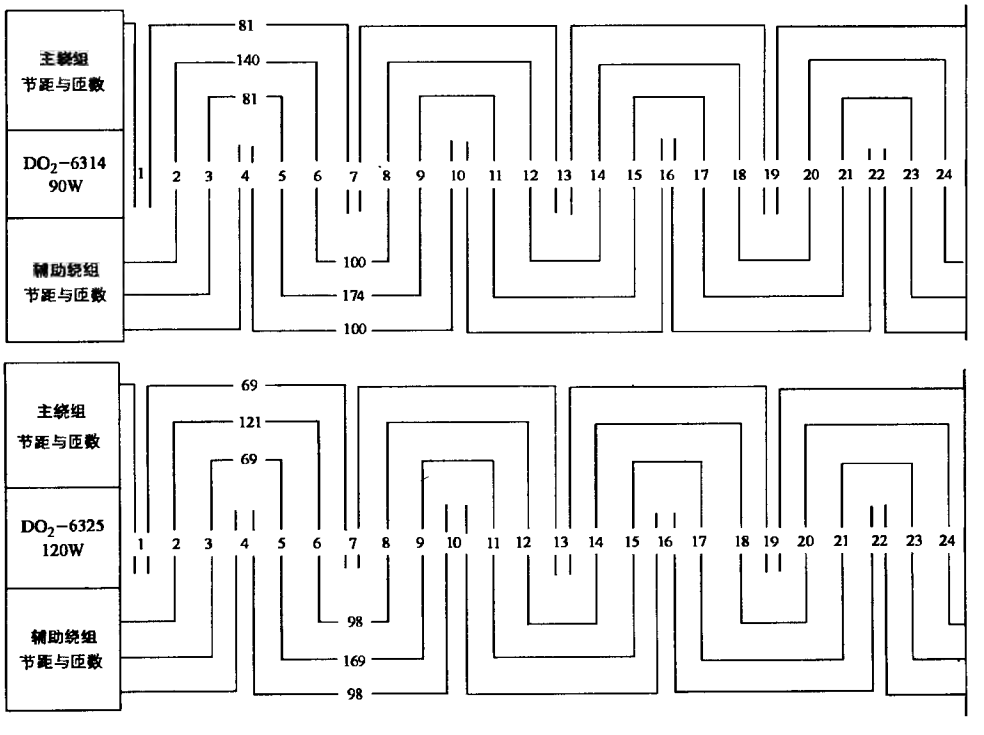


图 12－147　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(12)

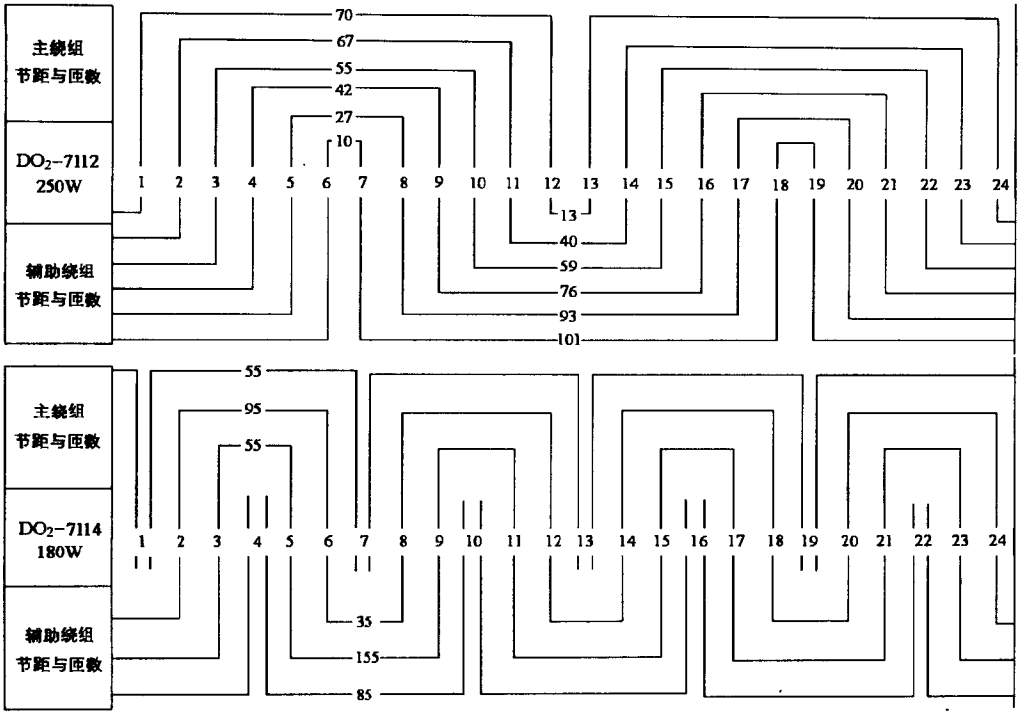
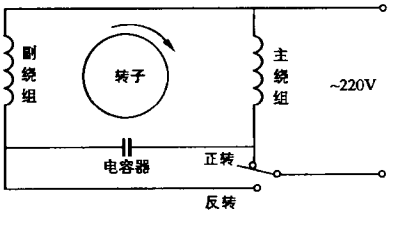


图 12－148　DO_2 系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图(13)

第 7 节　洗衣机用单相电动机绕组嵌置展开图



洗衣机电动机多采用单相电容运转式电动机。其定子上嵌置有主、副两套绕组，主、副绕组的匝数和线径均完全相同。这种电机具有起动转矩较大，起动电流较小，功率因数高，过载能力强，容易实现正、反转等特点，故非常适合洗衣机需要频繁正、反转的工作特点。

图 12－149　洗衣机用单相电容运转电动机绕组接线原理图

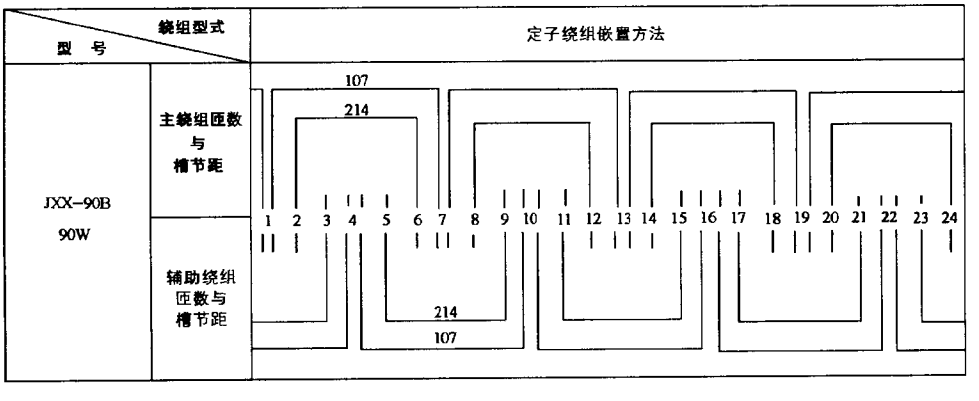


图 12－150　JXX 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图

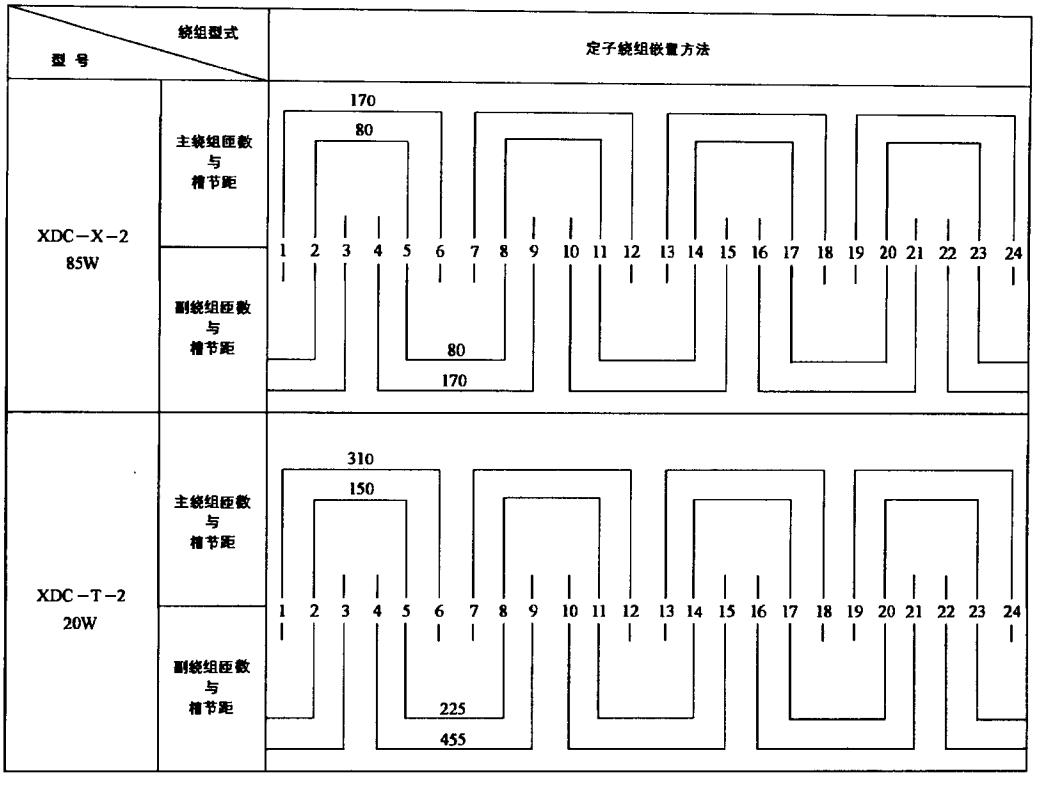


图 12－151　XDC 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图

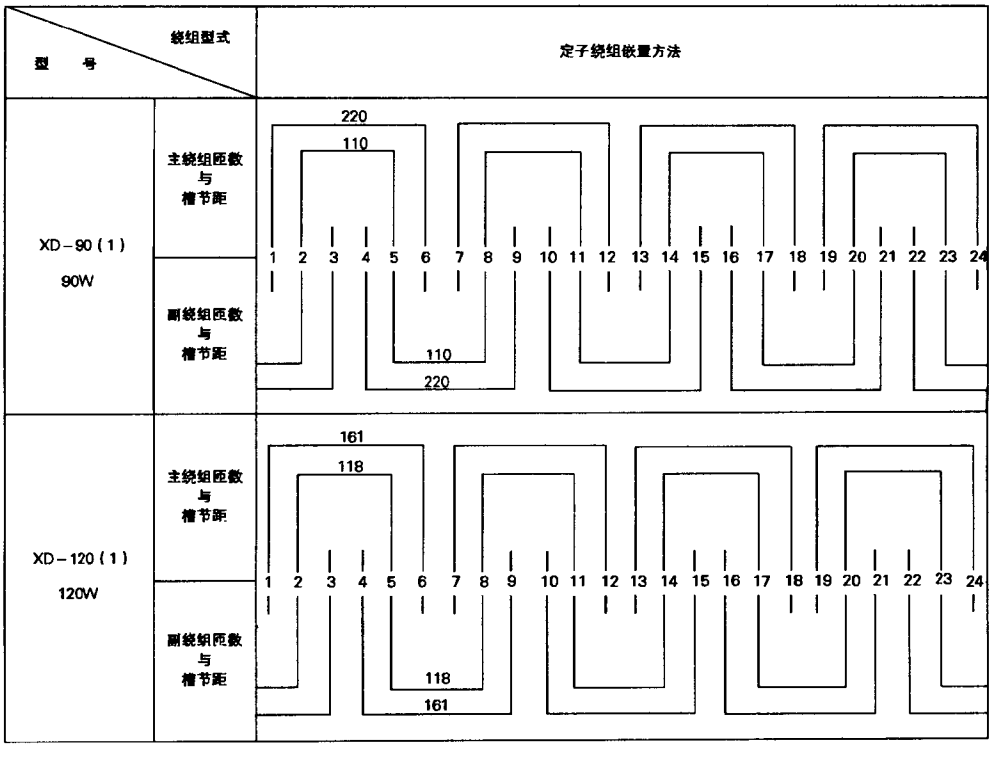


图 12－152　XD 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(1)

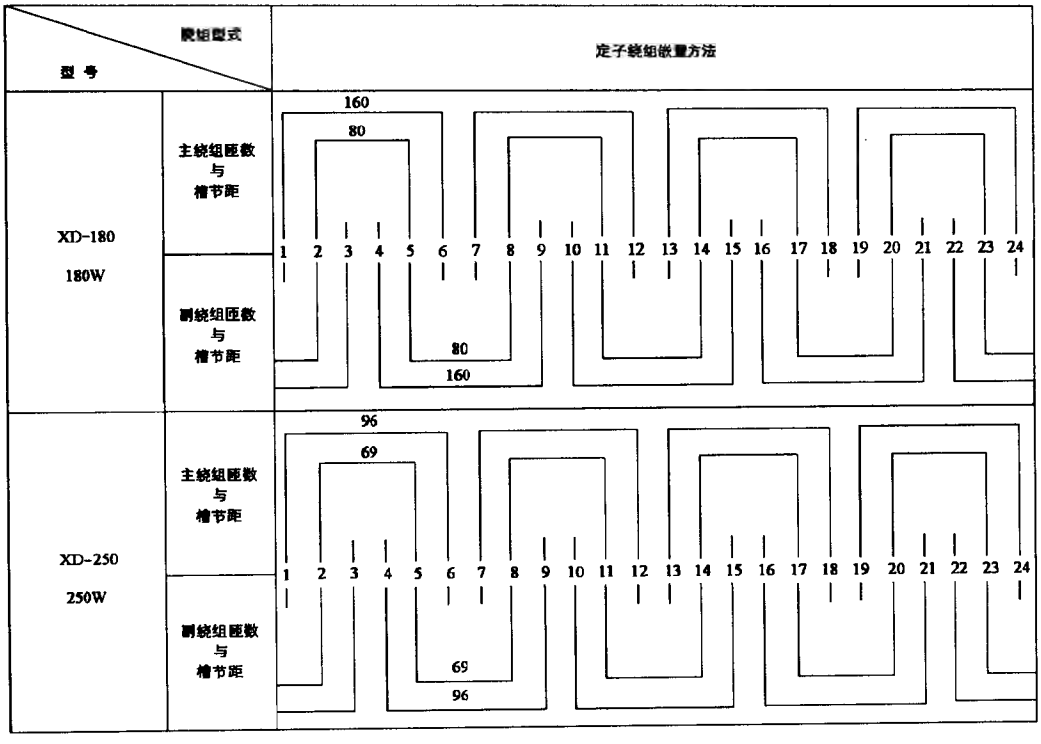


图 12－153　XD 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(2)

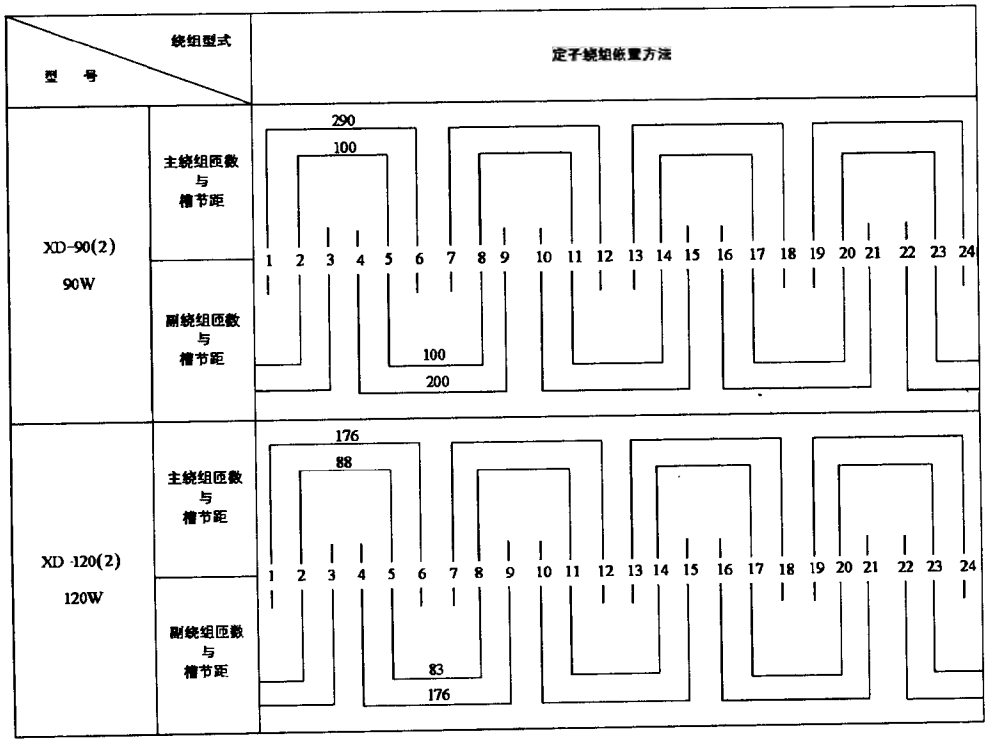


图 12－154　XD 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(3)

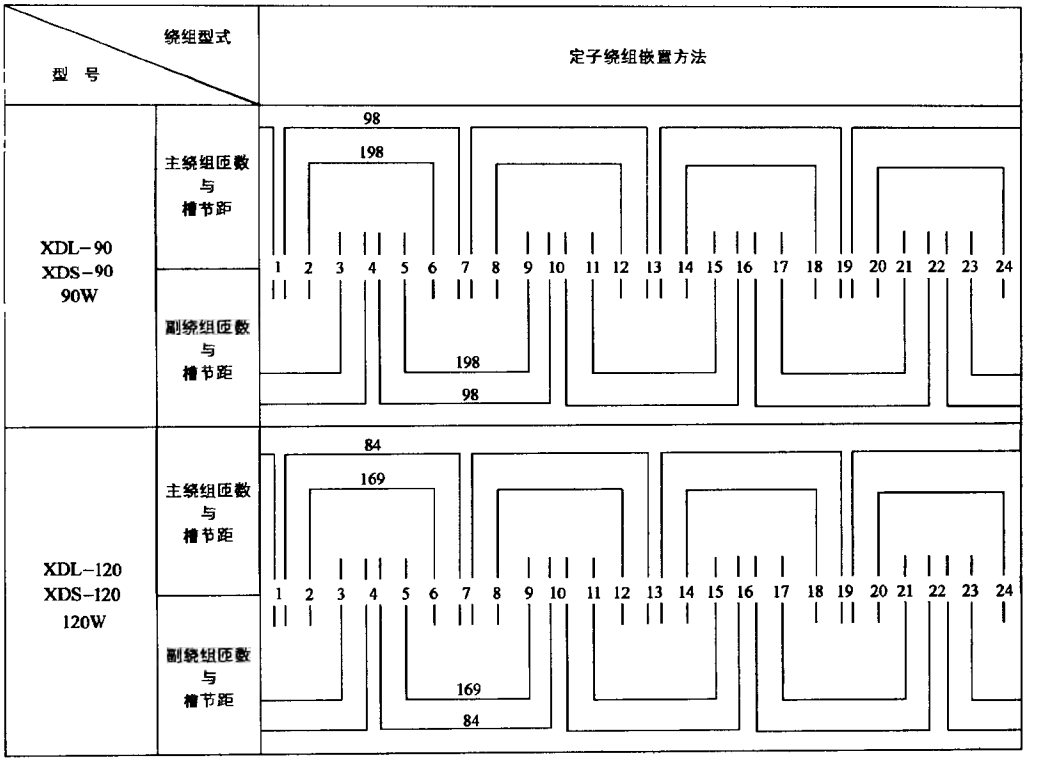


图 12－155　XDL、XDS 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(1)

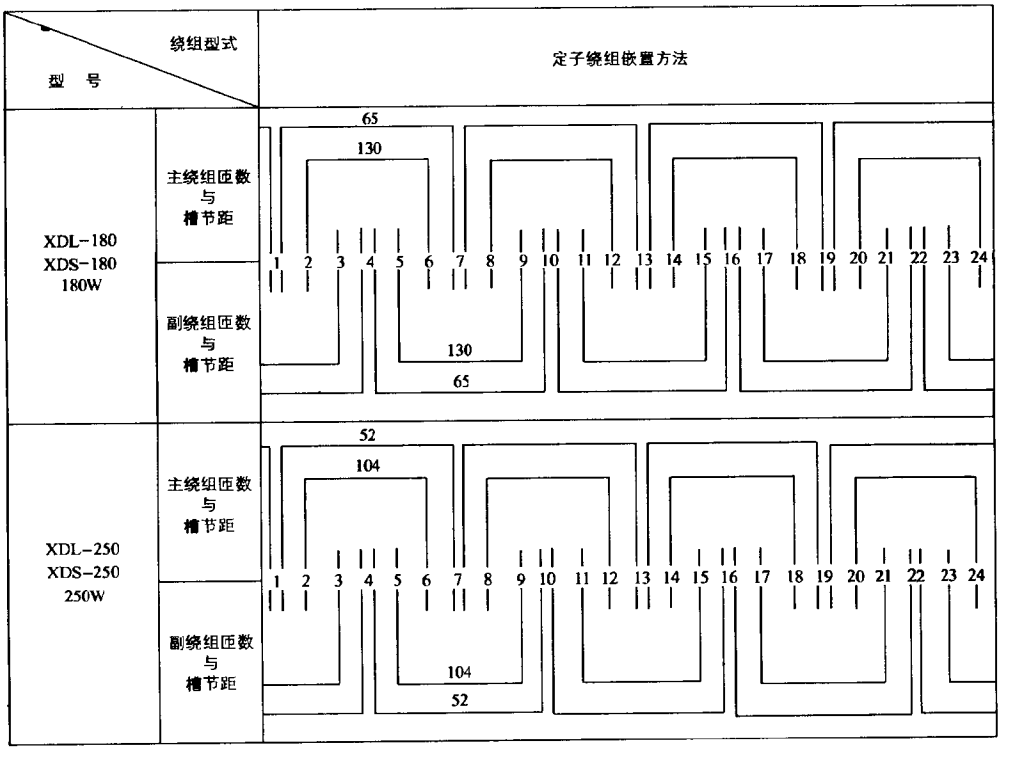


图 12－156　XDL、XDS 型洗衣机用电动机绕组嵌置展开图(2)

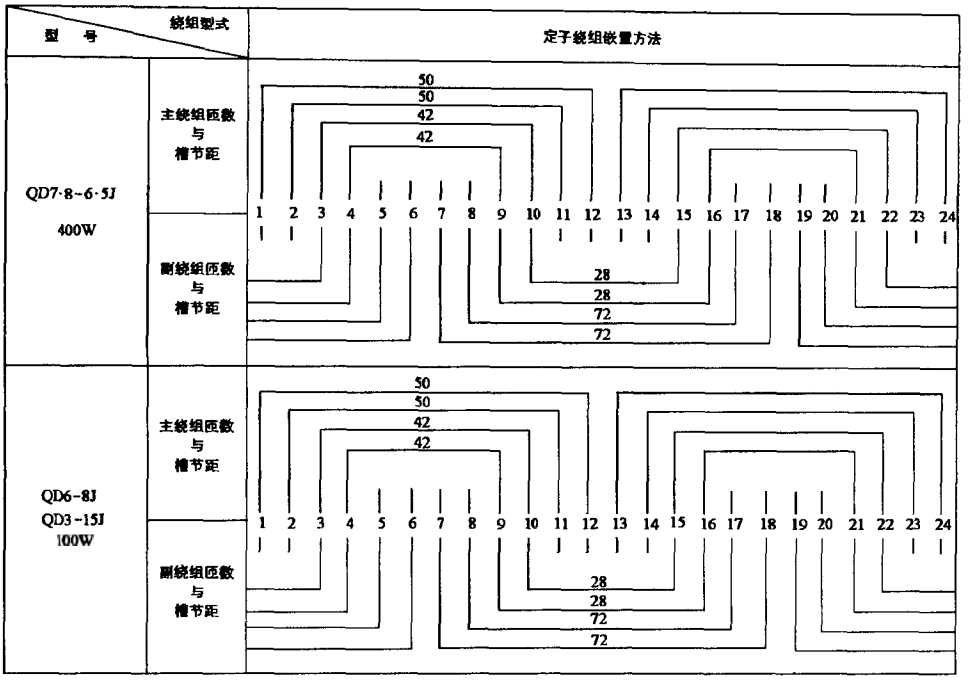
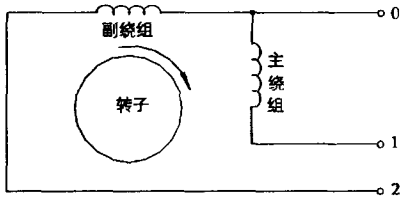


图 12－157　QD 型单相电泵定子绕组嵌置方法展开图

第 8 节　国产压缩机电动机绕组嵌置方法展开图



压缩机使用的电动机为单相电动机，常采用电阻分相起动或电容起动。在它的定子铁心槽内嵌放有主、副两套绕组，主、副绕组的一端并接在一起成为公共端，另一端则分别引出，因此它有三根引出线端，分别用 0，1，2 表示。这种电动机不能自行起动，必须借助起动继电器的帮助才能起动，起动后副绕组自动断开，只留下主绕组工作。

图 12－158　压缩机组用单相电阻分相起动电动机绕组接线原理图

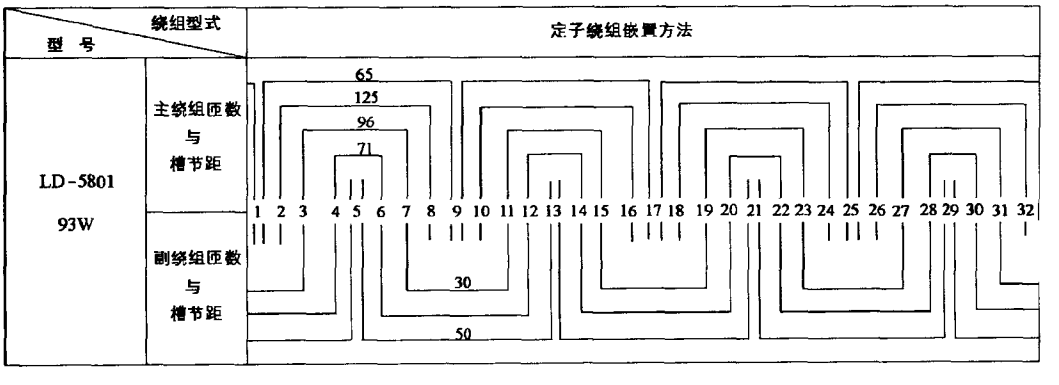


图 12－159　LD 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图

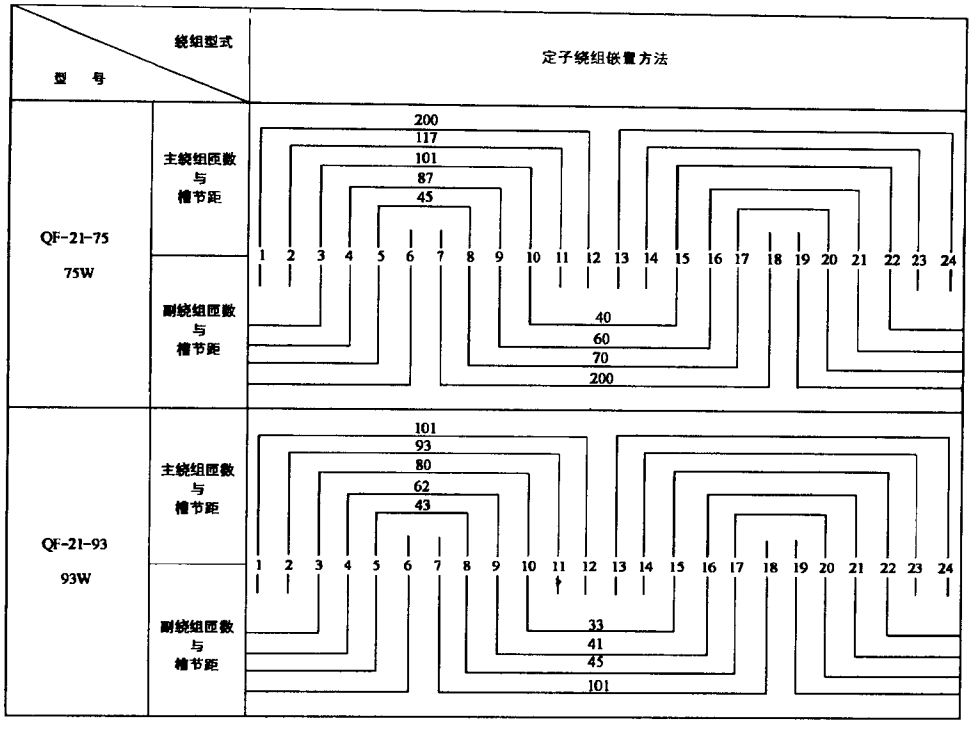


图 12－160　QF 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图

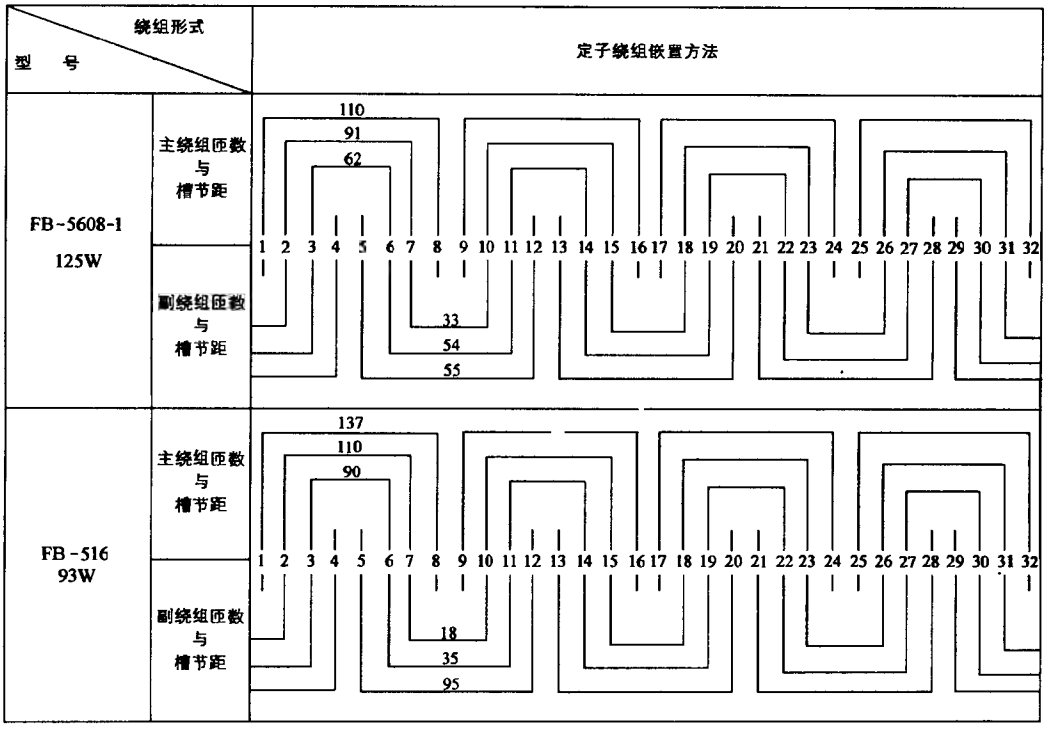


图 12－161　FB 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图(1)

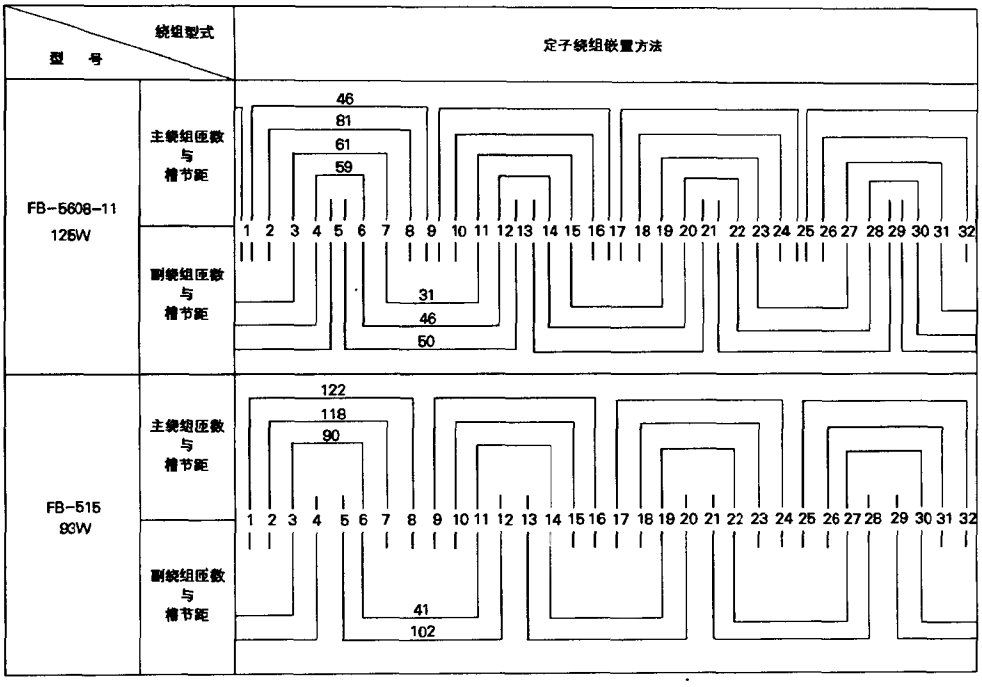


图 12－162　FB 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图(2)

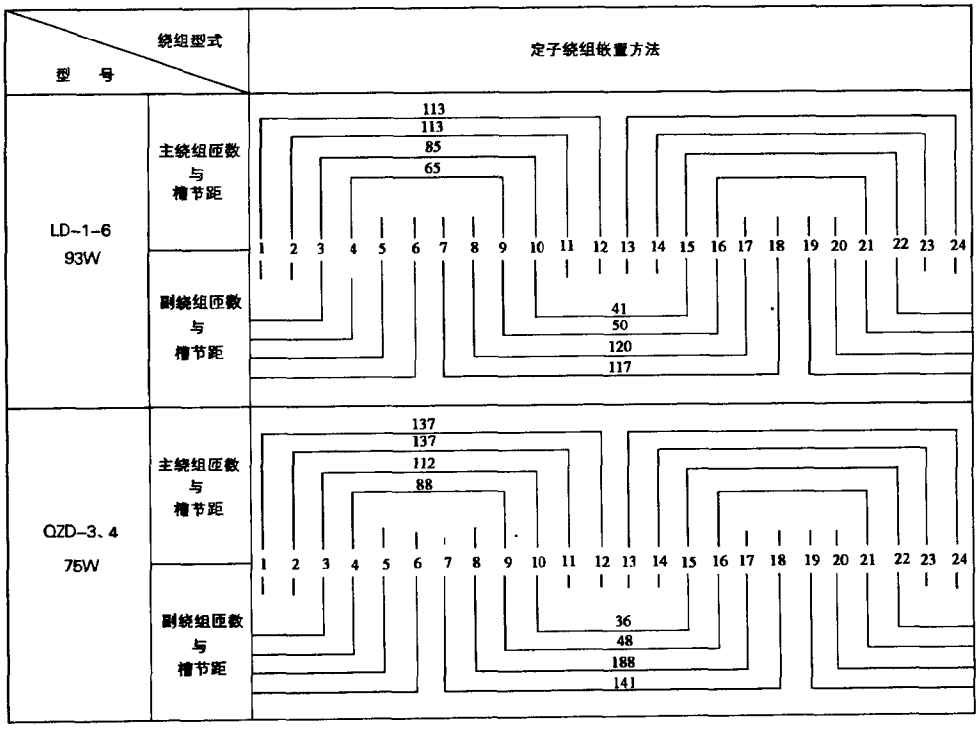


图 12－163　QZD、LD 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图

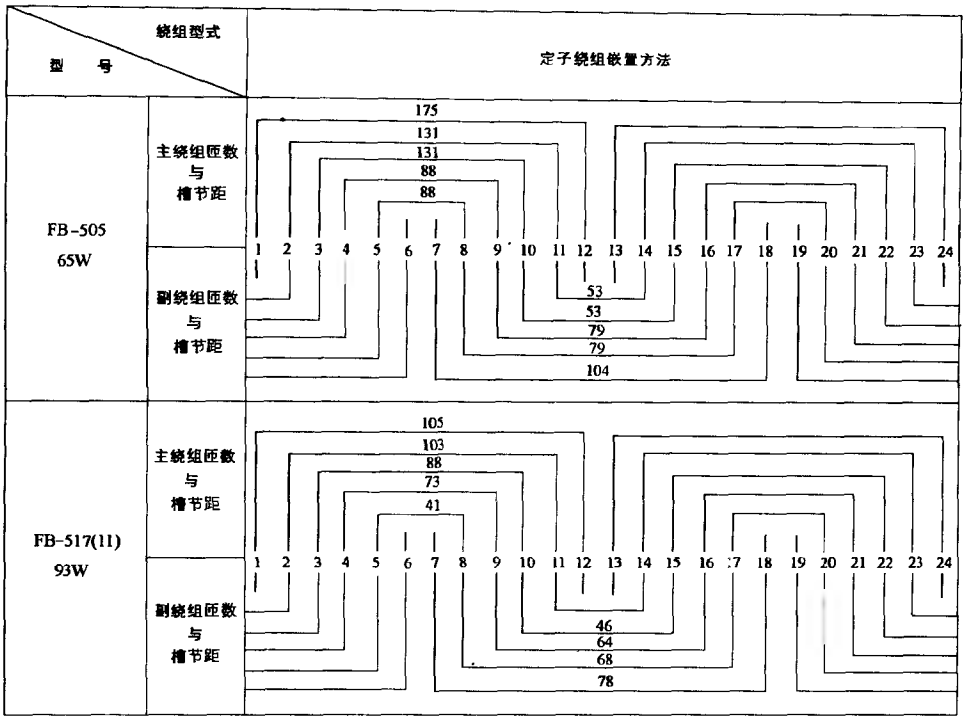


图 12－164　FB 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图

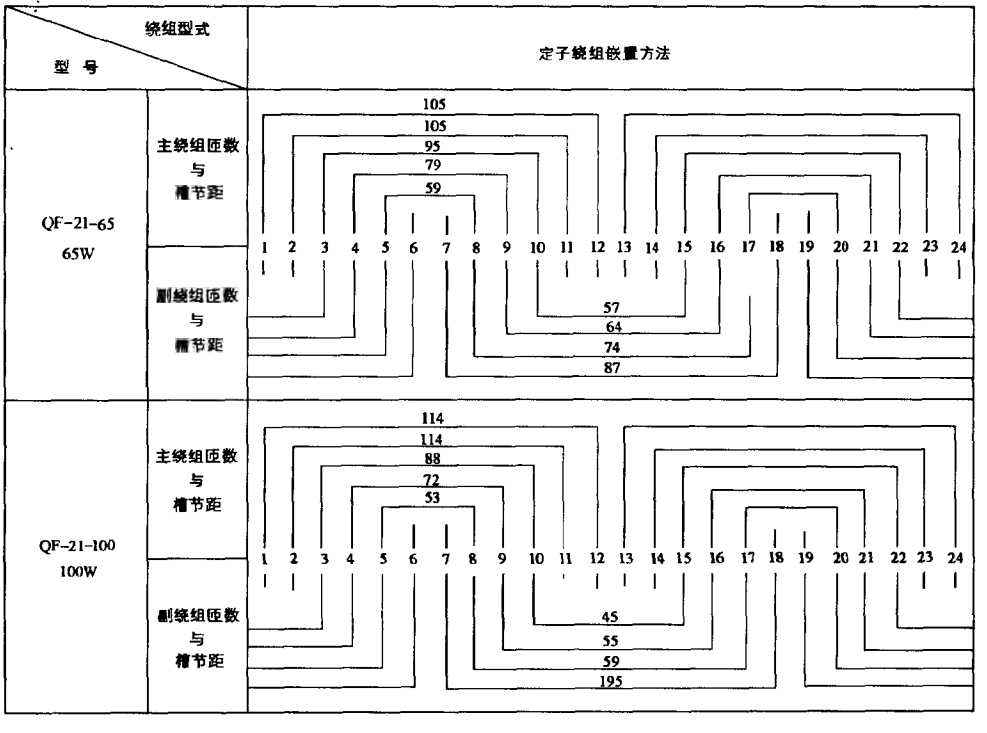


图 12－165　QF 型压缩机组的电动机绕组嵌置方法展开图

第 9 节　进口电冰箱压缩机组单相电动机绕组嵌置图

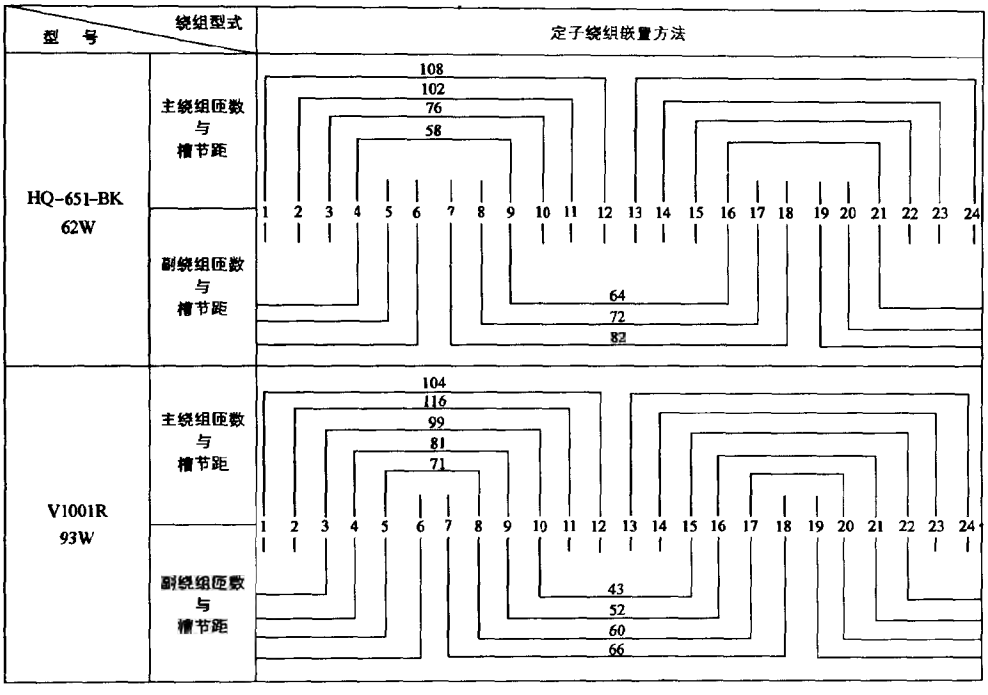


图 12－166　HQ 型进口电冰箱用压缩机组单相电动机绕组嵌置方法展开图

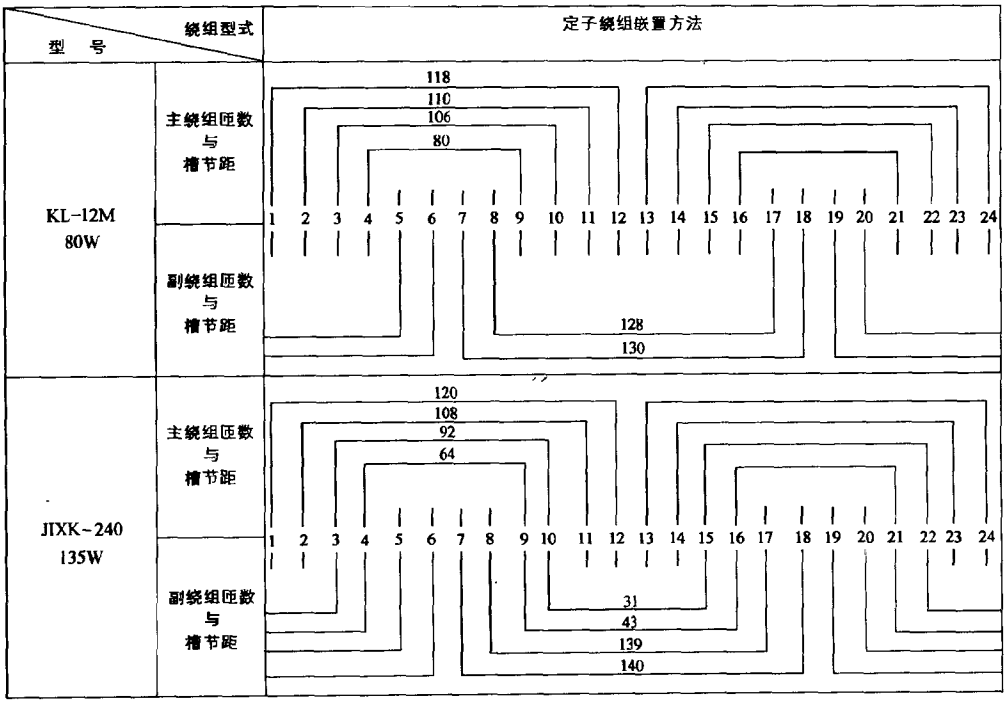


图 12－167　KL、JIXK 型进口电冰箱用压缩机组单相电动机绕组嵌置方法展开图

第 10 节　单相电动机调速、反转及控制线路图

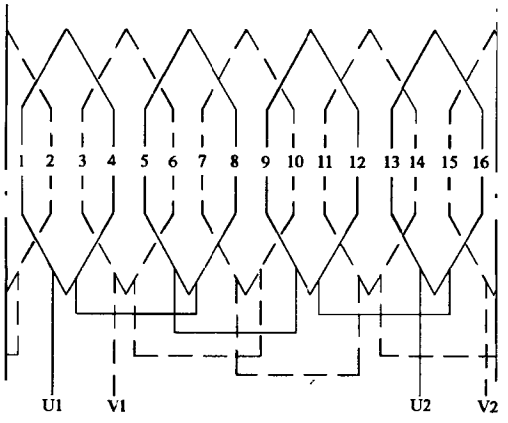


图 12－168　4 极 16 槽电抗器调速绕组接线展开图

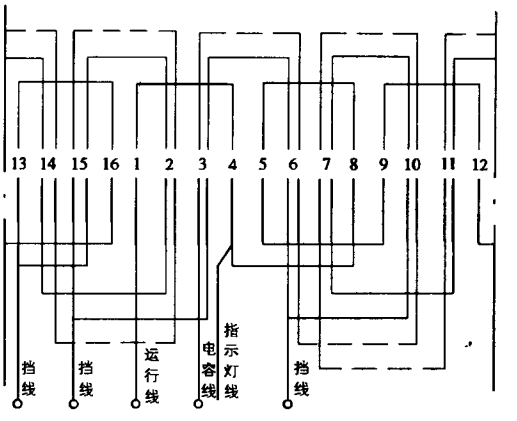
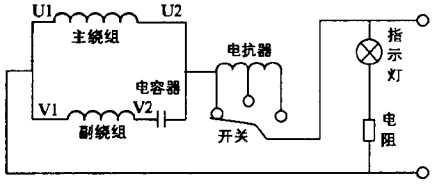


图 12－169　4 极 16 槽抽头法调速绕组接线展开图



电抗器调速就是通过电抗器改变电动机输入电压来降低电动机转速的一种调速方法。

抽头法调速是利用定子绕组的不同抽头，改变主绕组的输入电压，改善主、副绕组的匝比，以改变旋转磁场的椭圆度进行调整。这种方法一般将定子绕组分为主绕组、副绕组、中间绕组三部分，中间绕组在空间的分布，可与主绕组或副绕组同相。

图 12－170　电抗器调速接线原理图

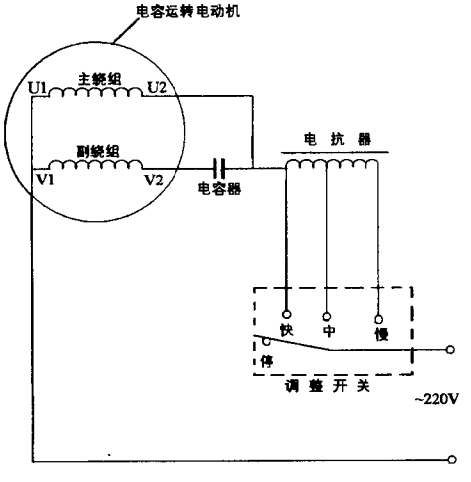


图 12－171　单相电容运转电动机电抗调速调速接线原理图

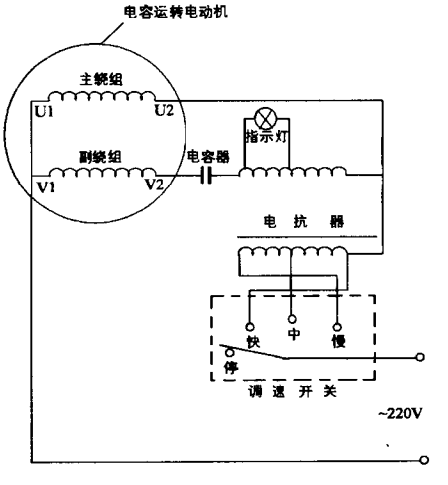
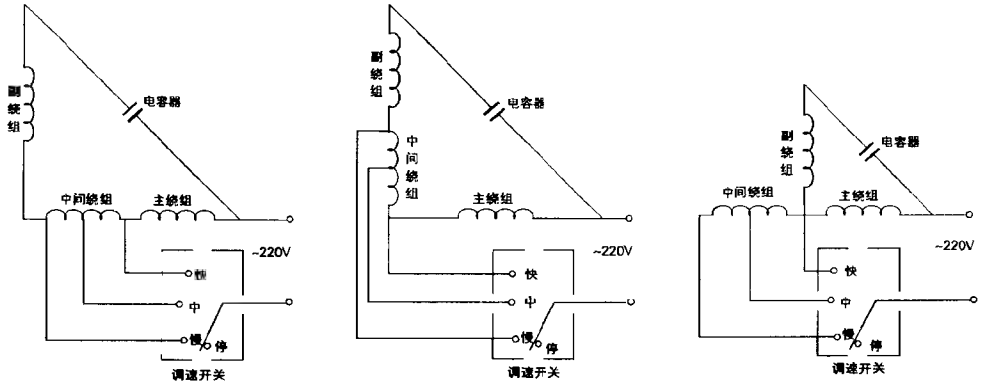


图 12－172　单相电容运转电动机电抗速带指示灯接线原理图



(a) L1 型接法　　(b) L2 型接法　　(c) T 型接法

图 12－173　单相电容运转电动机抽头法调速接线原理图

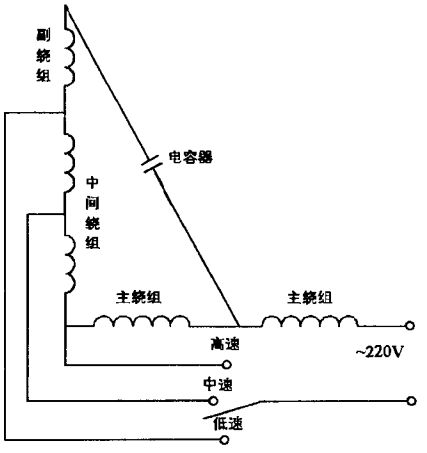


图 12－174　h 型调速接法接线原理图

此种接法是将中间绕组与副绕组串接起来，再并接在主绕组的抽头与电源之间，调速用的中间绕组与副绕组是同槽分布的，该接法可使电容器的电压较低，电容量增大，在低速时起动转矩较大。

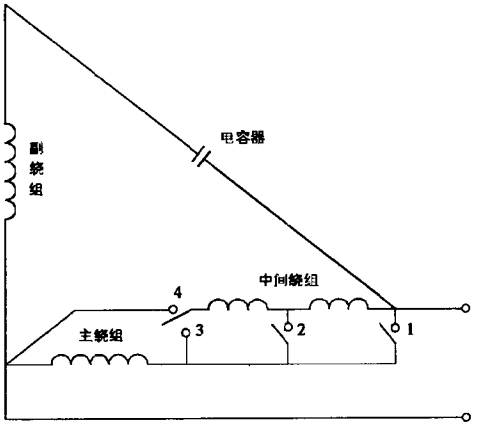
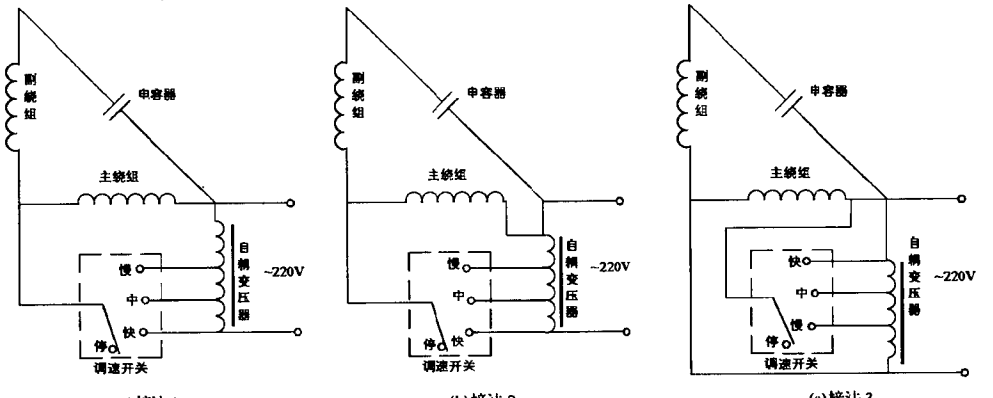


图 12－175　串并联调速接法接线原理图

该接法是将中间绕组分成两半，再与主绕组分别串并联接成 1 条支路和 2 条支路来进行调速。这种接法具有调速范围宽，低速起动转矩大，无须电抗器，节约电能等许多优点(如风扇采用这种电动机就称为节能风扇)。



(a)接法 1　　(b)接法 2　　(c)接法 3

图 12－176　单相电容电动机自耦变压器调速接线原理图

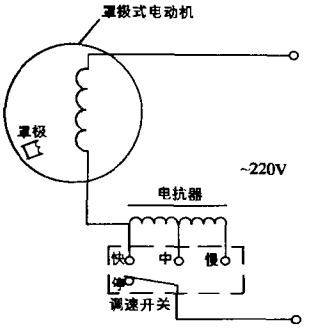


图 12－177　罩极式电动机电抗调速接线原理图

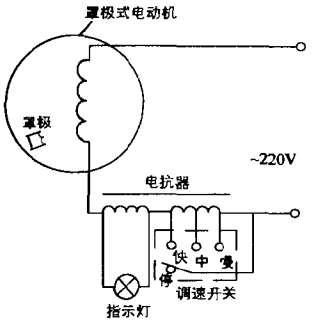


图 12－178　罩极式电动机电抗调速带指示灯接线原理图

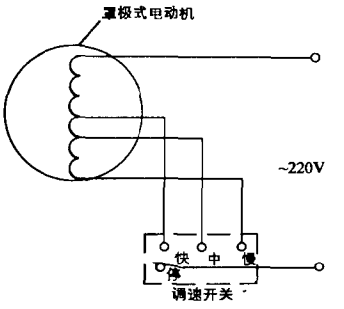


图 12－179　罩极式电动机抽头法调速接线原理图

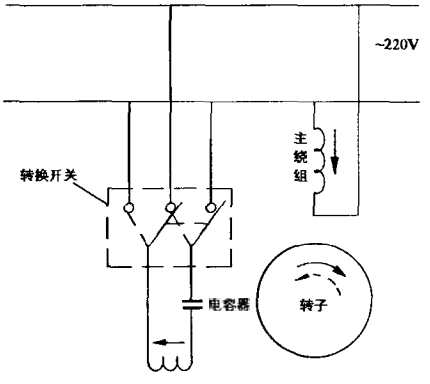


图 12－180　电容运转式电动机正、反转接线原理图

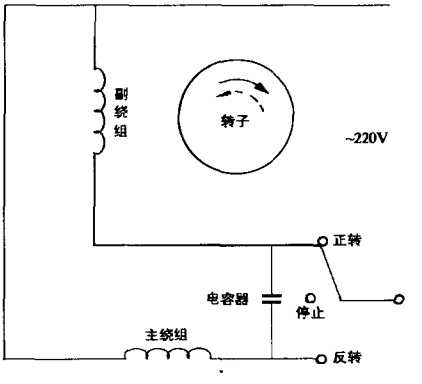


图 12－181　频繁正、反转电容起动式电动机接线原理图

单相电动机如果改变其旋转方向，只要将副绕组或主绕组的两个接线端互换之后，它的旋转方向便可倒过来，图中转换开关的触点，虚实线位置即表示两个不同转向。

用于频繁正、反起动运转的电动机，一般其主、副绕组的匝数、线径、所占槽数和分布都完全相同，这种电动机的特点是起动转矩大，起动电流小，过载能力强。

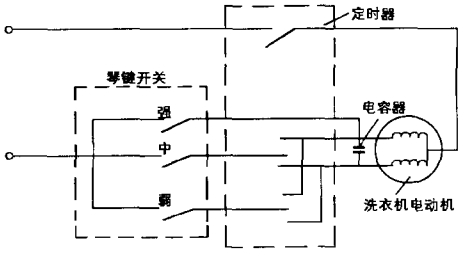


图 12－182a　具有强、中、弱洗功能的洗衣机电动机接线原理图

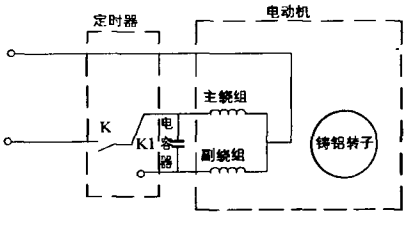
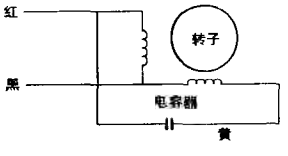


图 12－182b　洗衣机电动机接线原理图



国产洗衣机用电动机均采用铸铝鼠笼转子，定子上嵌放有两个互差 90°的主、副绕组。由于洗衣要求正、反转，且两个转向的性能应完全一致，因此，这两个绕组所分布的槽数、导线匝数、线径等都相同，当转换开关 K1 时主、副绕组即予转换。

图 12－183　脱水机电动机接线原理图

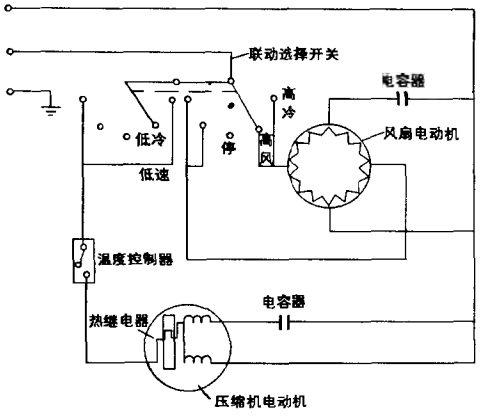


图 12-184 窗式空调器单相电气控制原理线路图

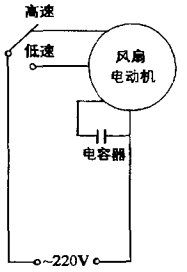


图 12-185 两速电动机接线原理图

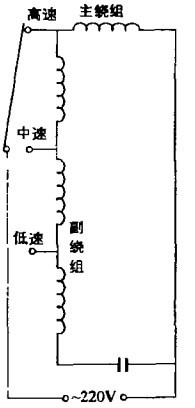
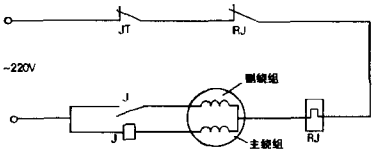
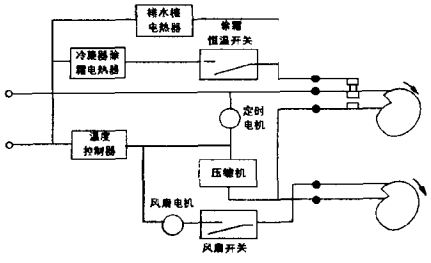


图 12-186 三速电动机接线原理图

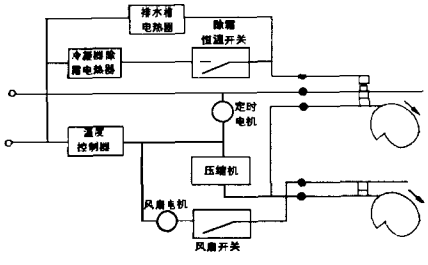


J—启动用电流继电器；RJ—过载保护热继电器；JT—温度继电器

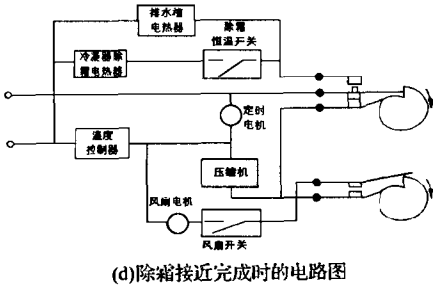
(a)电冰箱电气原理图



(c)除霜开始时的电路图



(b)正常操作时的电路图



(d)除霜接近完成时的电路图

图 12-187 自动除霜电冰箱电气控制线路接线原理图

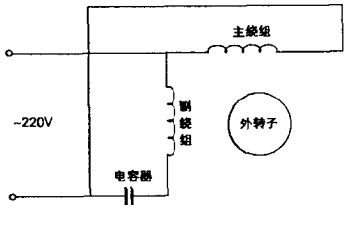


图 12－188 电容式吊扇电动机接线原理图

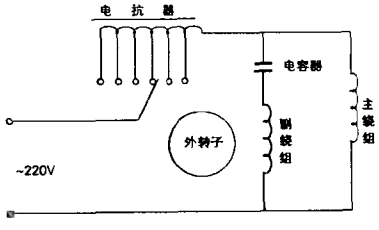


图 12－189 电容式吊扇电动机调速接线原理图

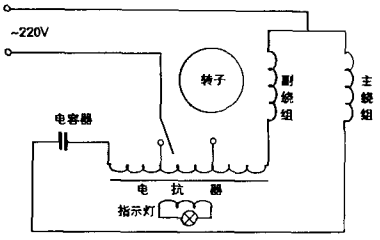


图 12－190　电容式台扇电动机电抗调速接线原理图

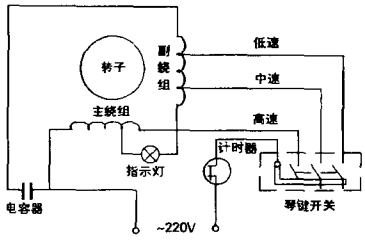


图 12－191　电容式台扇电动机抽头法调速接线原理图

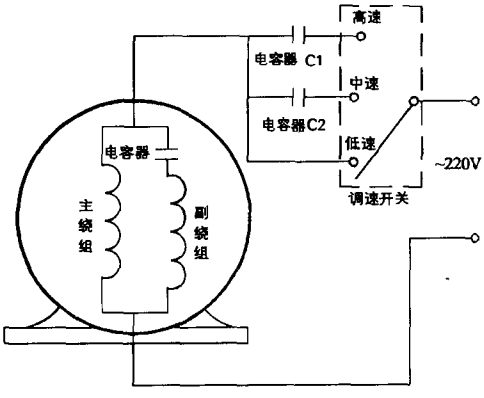


图 12－192　串接电容调速三速电动机接线原理图

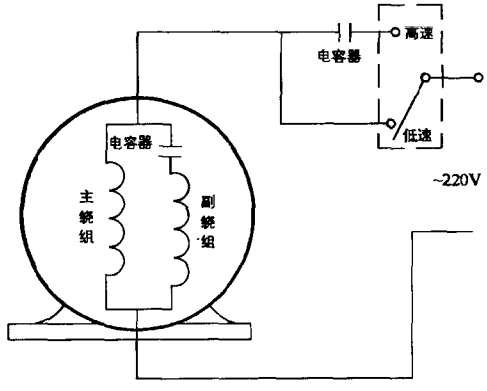


图 12－193　串接电容调速两速电动机接线原理图

有些单速电动机可采用图中的简便方法，将其改制成能调速的电动机，增加C1、C2的电容量，即可加快或减慢电动机速度。

串接的电容器需采用400V以上的纸介电容或油浸纸介电容，不能使用电解电容器。

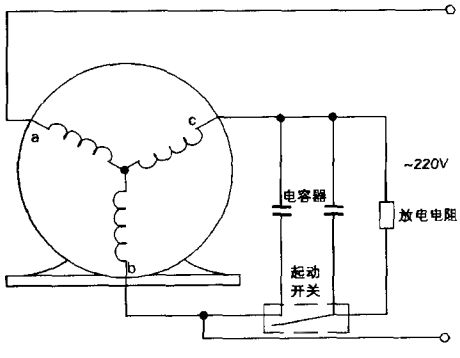


图 12－194　星形接法小功率三相电动机改为单相运行时的接线图

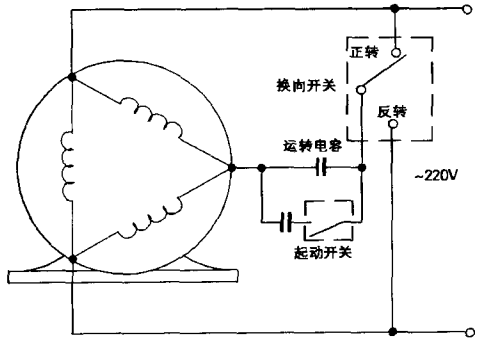


图 12－195　角形接法小功率三相电动机改为单相运行时的接线图

小功率三相电动机改接为单相运行时，只需将任意两相绕组串接起来作为主绕组，而另一相则串入电容器作移相元件。这样，就可以用单相电动机的接线方法接上电源，即可以正常运行在单相电路上了。

由于小功率三相电动机本身都没有离心开关（起动开关），所以改接中都采用手动开关代替，待电动机起动达到接近额定转速时即将起动开关断开，电动机的旋转方向则通过换向开关来转换。

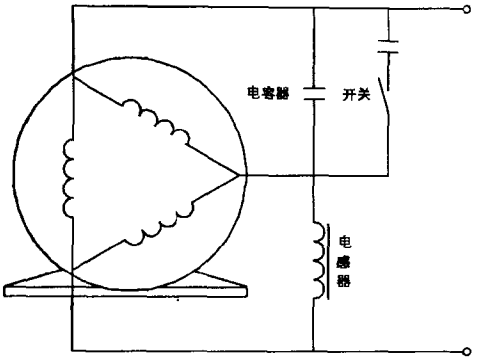


图 12－196　电感、电容移相三相电动机改单相运行角形接法接线图

电感、电容移相法就是在电动机外部通过电感和电容的移相作用，将单相电源转换成三相电源之后，再加于三相电动机。因此，电动机本身的工作原理就与三相制供电时相同。

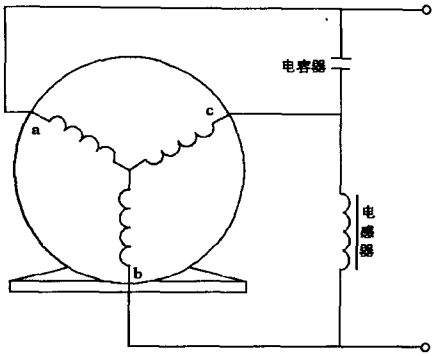


图 12－197　电感、电容移相三相电动机改单相运行星形接法接线图

采用电感、电容移相方法的主要优点是，此法既可适用于定子绕组为角形接法的三相异步电动机，又能用于星形接法的三相异步电动机。特别适合负载比较恒定的排灌设备等。

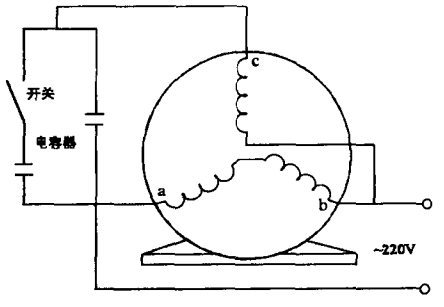


图 12－198　开式星形电容移相三相改单相运行接线图

开式星形电容移相接法中，a、b 两相绕组串联构成主绕组，c 相与电容器串联作为副绕组。为了提高电动机的起动转矩，并接了起动电容，当电动机起动后接近额定转速时，开关即将 c 相绕组切除，留下 a、b 相参加运行。

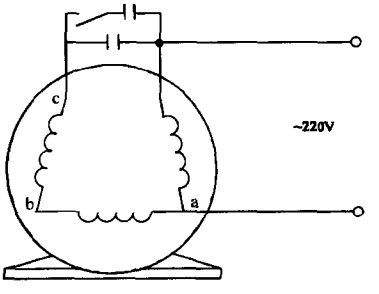


图 12－199　开式角形电容移相三相改单相运行接线图

开式角形电容移相接法适用于单相电源电压为 220V 或 380V，三相电动机定子绕组为角形接法的场合，如图所示，这种接法只将 a 相一相作为主绕组，b、c 相的绕组串联后作为副绕组，该接法与开式星形接法的基本原理是相同的。

第 11 节　单相串励电动机电枢绕组接线展开图

单相交流串励式电动机的定子绕组与电枢绕组的联接有两种不同的接法：

1．定子绕组联接后再与电枢绕组串接，如图 12－201(a)所示。

2．定子绕组串接在电枢绕组的两端，如图 12－201(b)所示。

这两种接法的工作原理完全相同，可任意选用。

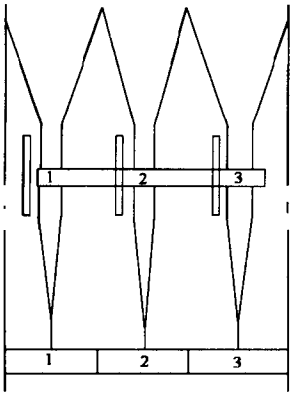
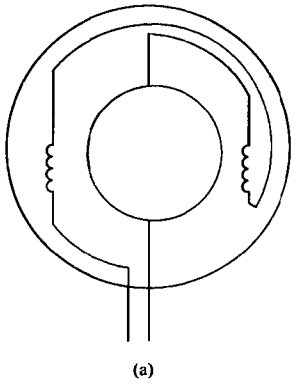


图 12－200　2 极 3 槽电枢绕组接线展开图



(a)定子绕组联接后再与电枢绕组串接

(b)定子绕组串接在电枢绕组两端的接法

图 12－201　定子绕组与电枢绕组的两种联接

本图为单相交流换向器电动机电枢绕组最简单的结构形式，主要用于电吹风、电动剃须刀	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=3$
换向片数：$K=3$	每槽元件数：$u=1$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-2$

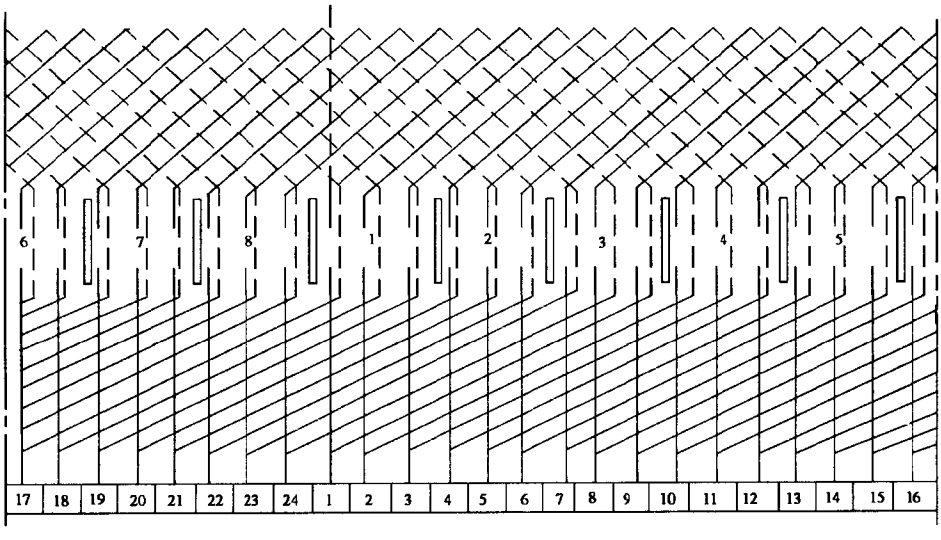
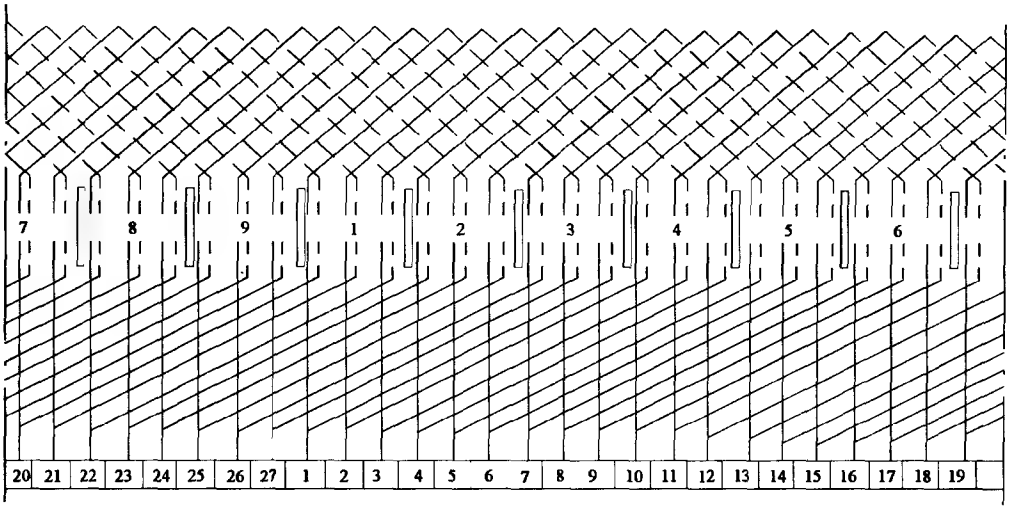


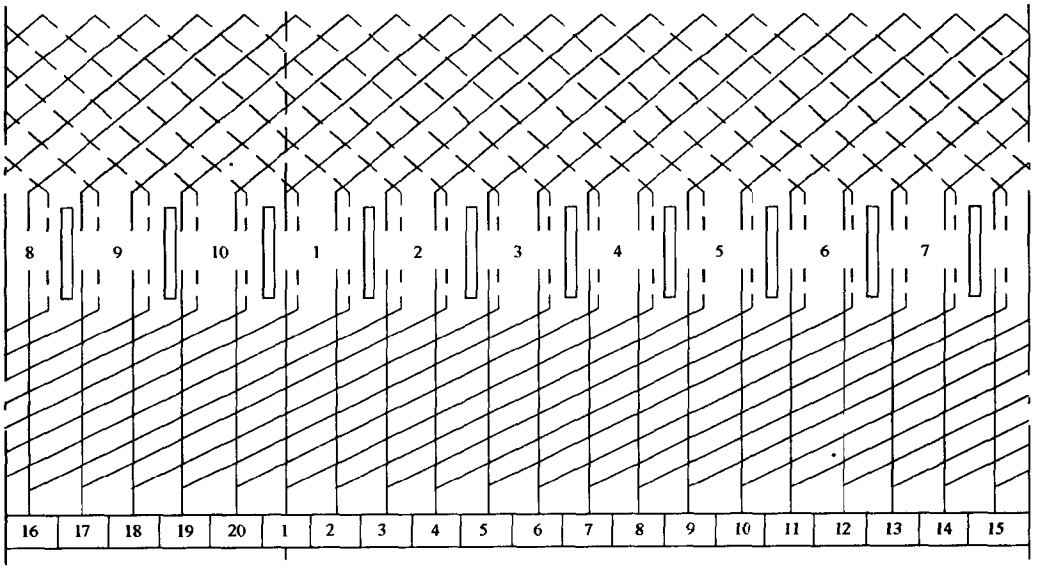
图 12－202　2 极 8 槽电枢绕组接线展开图

绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=8$
换向片数：$K=24$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-4$



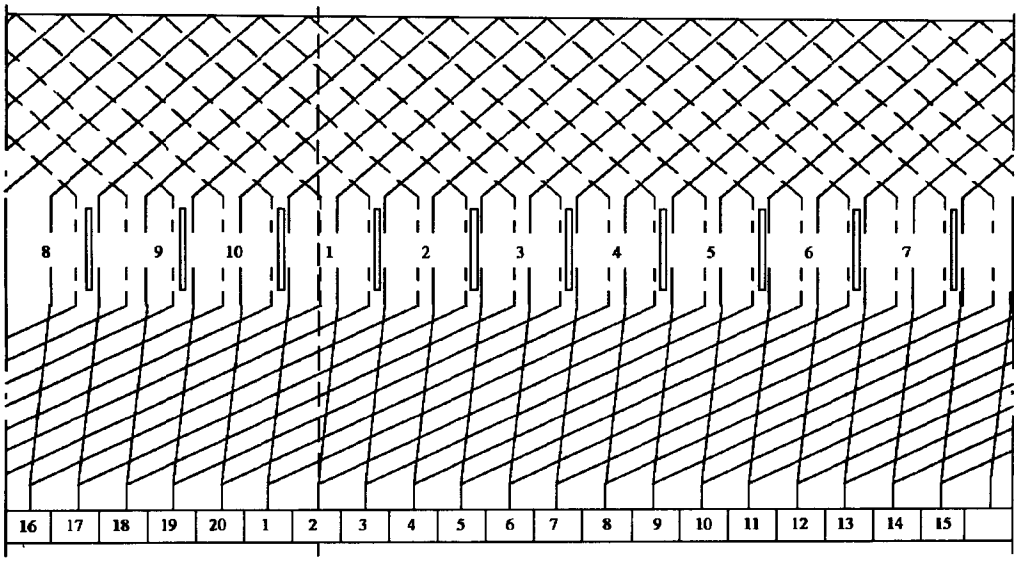
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=9$
换向片数：$K=27$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-5$

图 12－203　2 极 9 槽电枢绕组接线展开图



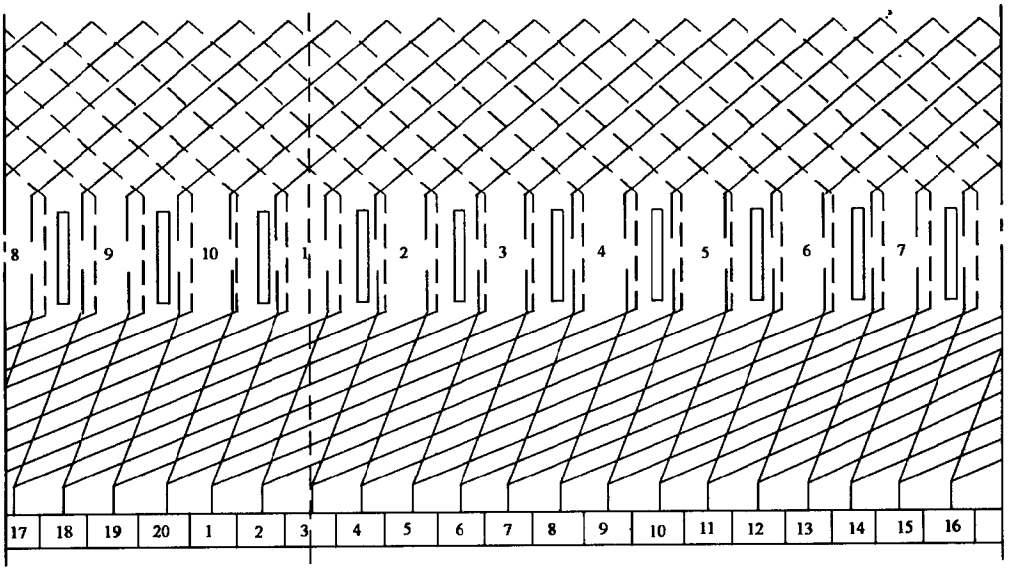
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=10$
换向片数：$K=20$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y\ \ 1-5$

图 12－204　2 极 10 槽电枢绕组接线展开图(1)



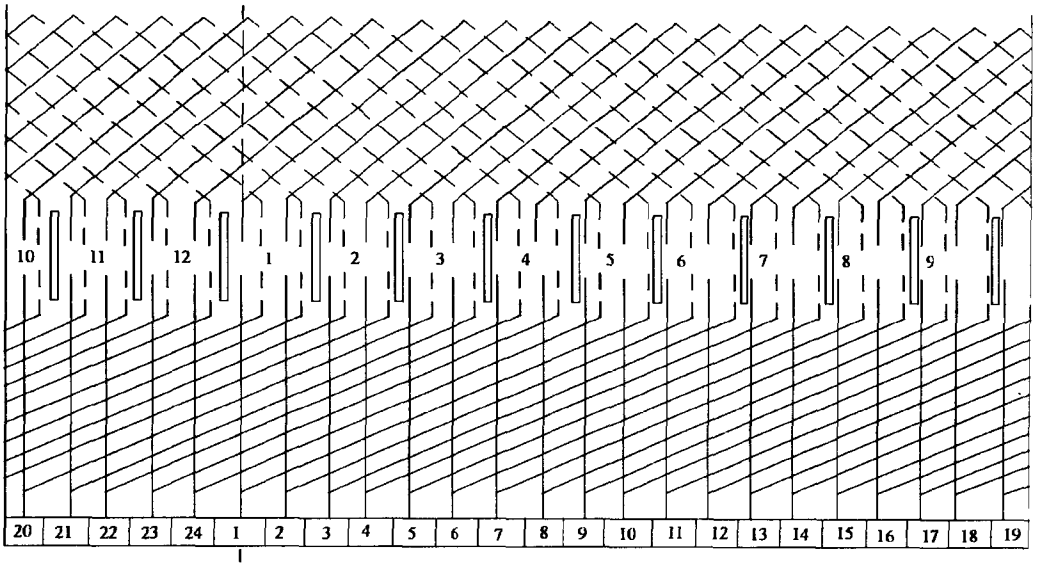
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端左1片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=10$
换向片数：$K=20$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1\quad 2$	槽节距：$Y=1\quad 5$

图 12－205　2 极 10 槽电枢绕组接线展开图(2)



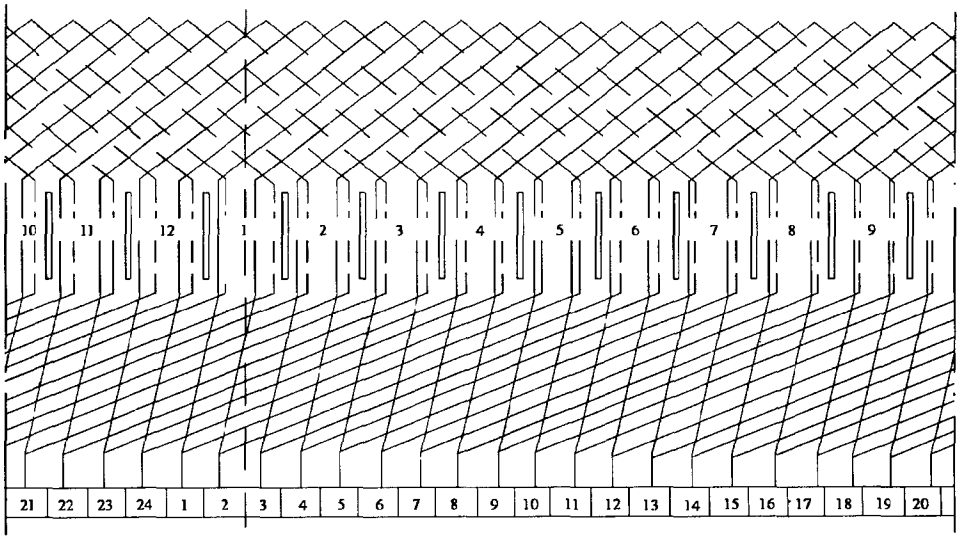
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端左1片半接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=10$
换向片数：$K=20$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-5$

图 12－206　2 极 10 槽电枢绕组接线展开图(3)



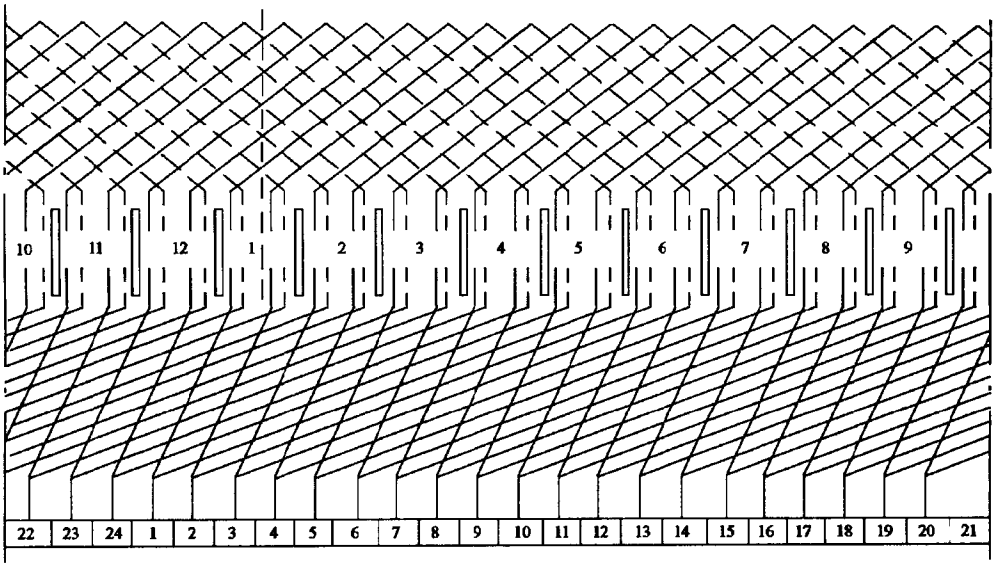
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=12$
换向片数：$K=24$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－207　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(1)



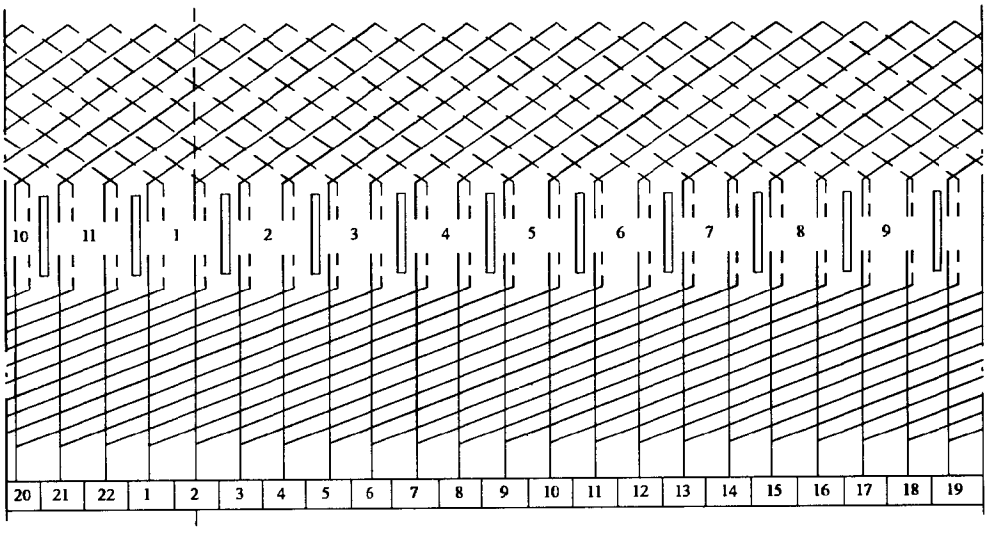
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端偏左 1 片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=12$
换向片数：$K=24$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1\quad 2$	槽节距：$Y\quad 1\quad 6$

图 12－208　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(2)



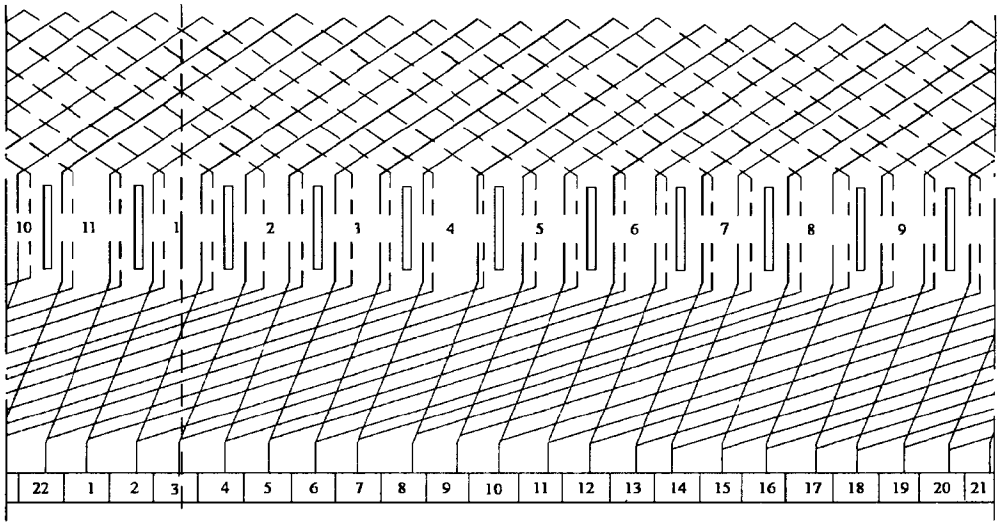
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端偏左2片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=12$
换向片数：$K=24$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－209　2极 12 槽电枢绕组接线展开图(3)



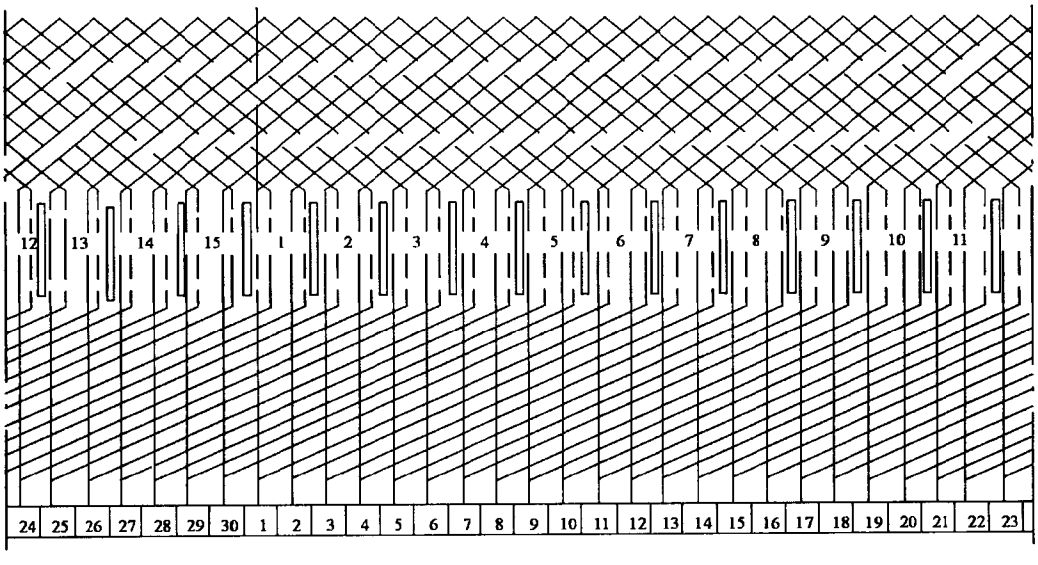
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=11$
换向片数：$K=22$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：Y_K　1　2	槽节距：$Y=1$　6

图 12－210　2极 11 槽电枢绕组接线展开图(1－1)



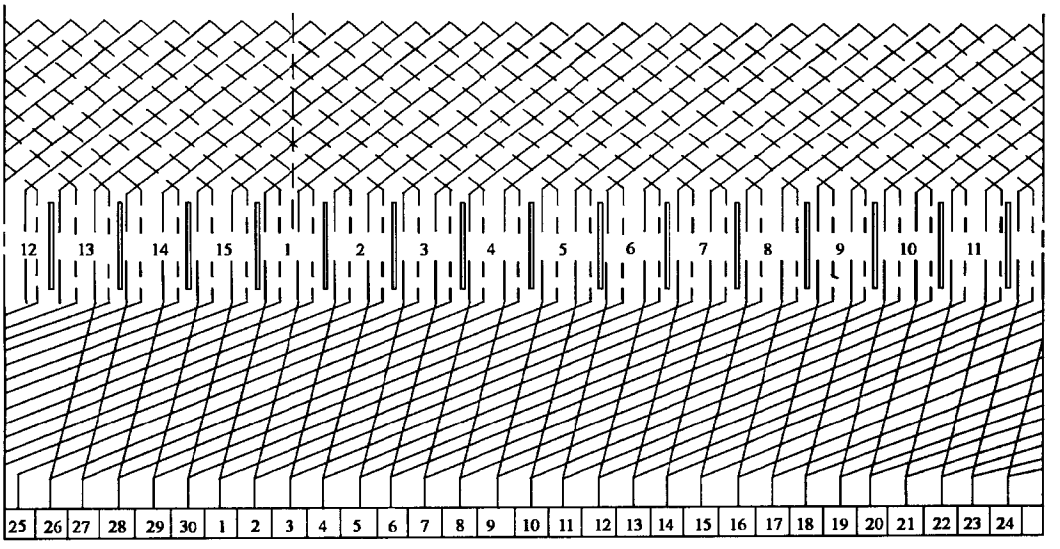
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端偏左 1 片半接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=11$
换向片数：$K=22$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1\quad 2$	槽节距：$Y=1\quad 6$

图 12－211　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(1－2)



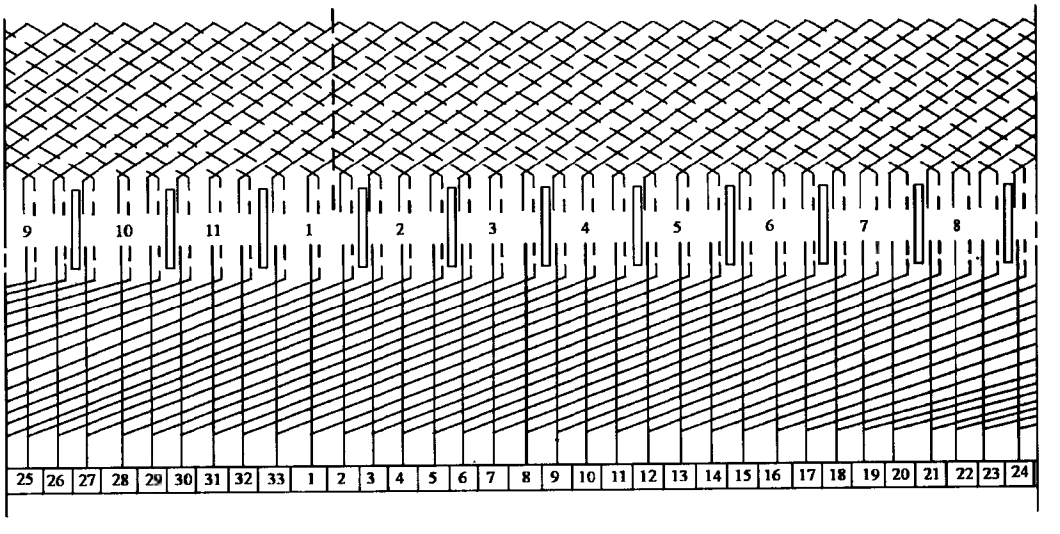
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=11$
换向片数：$K=30$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1\quad 2$	槽节距：$Y=1\quad 6$

图 12－212　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(2－1)



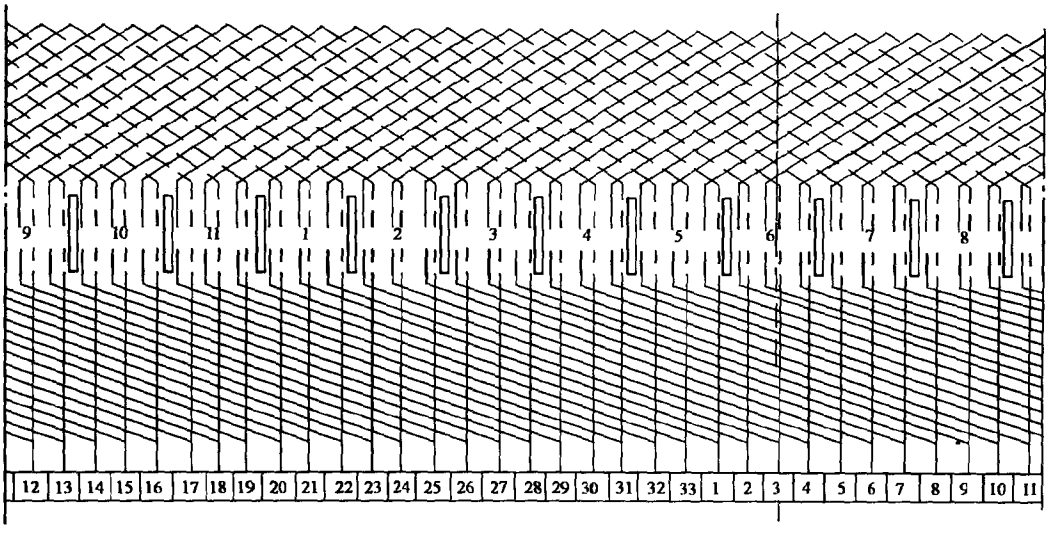
绕组元件以始槽为基准,1 号元件的线端偏左 2 片接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z-11$
换向片数:$K=30$	每槽元件数:$u=2$
换向器节距:$Y_K=1\quad 2$	槽节距:$Y=1-6$

图 12－213　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(2－2)



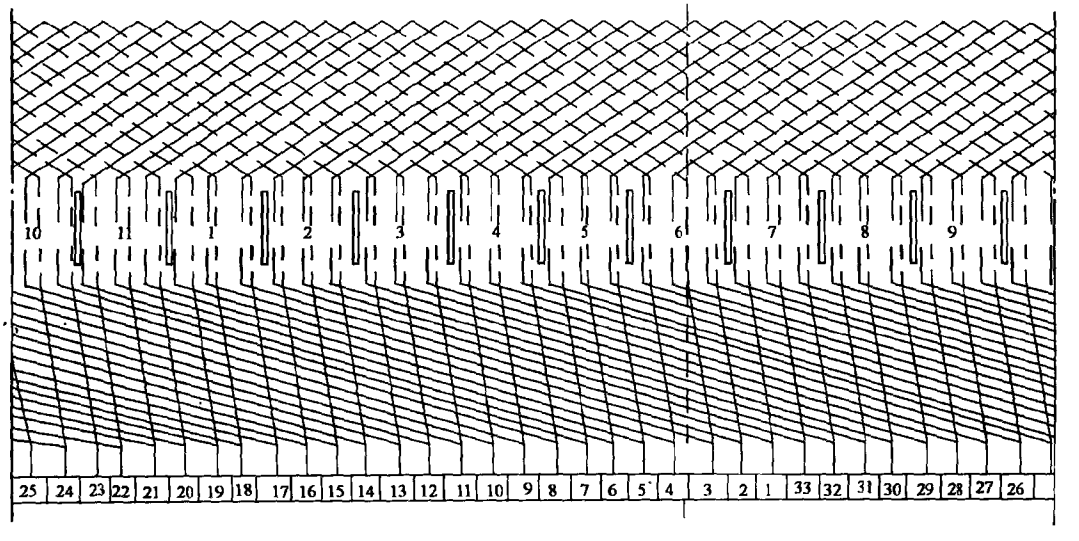
绕组元件以始槽为基准,1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z\quad 11$
换向片数:$K=33$	每槽元件数:$u-3$
换向器节距:Y_K-1-2	槽节距:$Y=1\quad 6$

图 12－214　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－1)



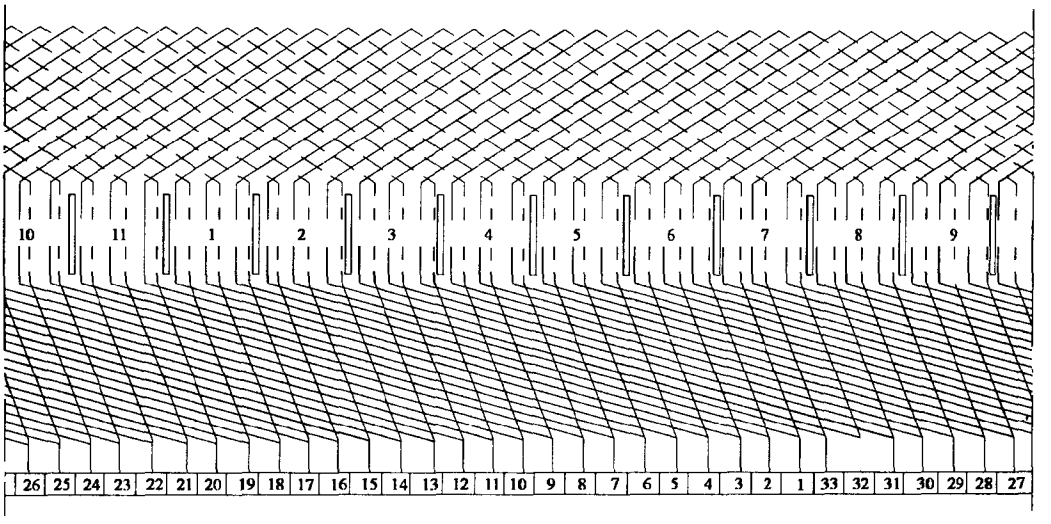
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端偏左2片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=11$
换向片数：$K=33$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－215　2极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－2)



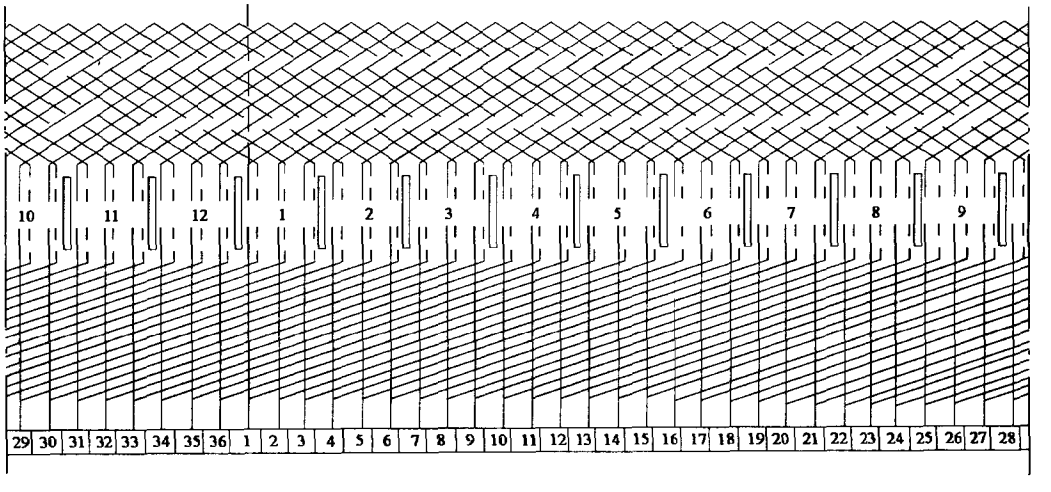
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端偏右2片半接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=11$
换向片数：$K=33$	每槽元件数：$u-3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－216　2极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－3)



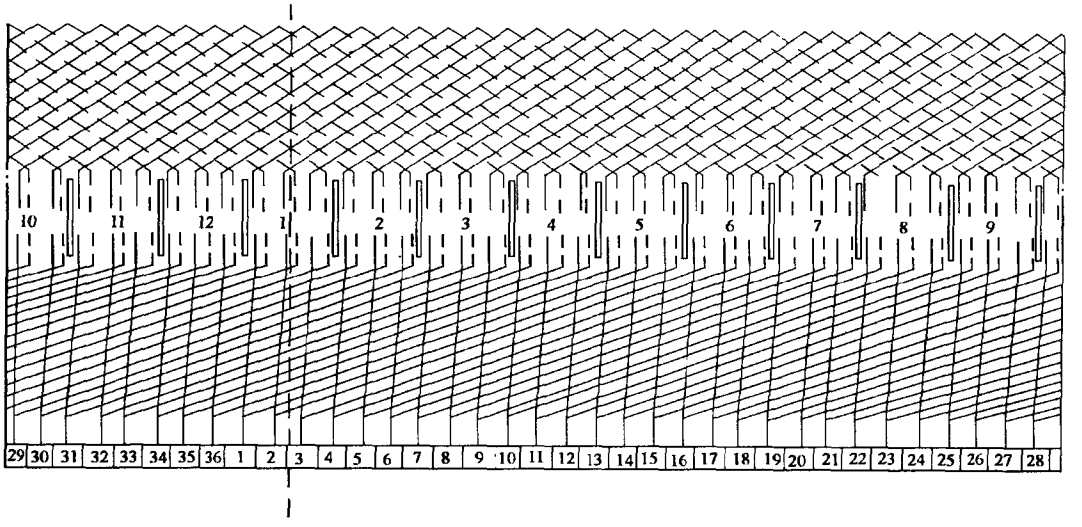
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端偏右 3 片半接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=11$
换向片数：$K=33$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1\quad 2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－217　2 极 11 槽电枢绕组接线展开图(3－4)



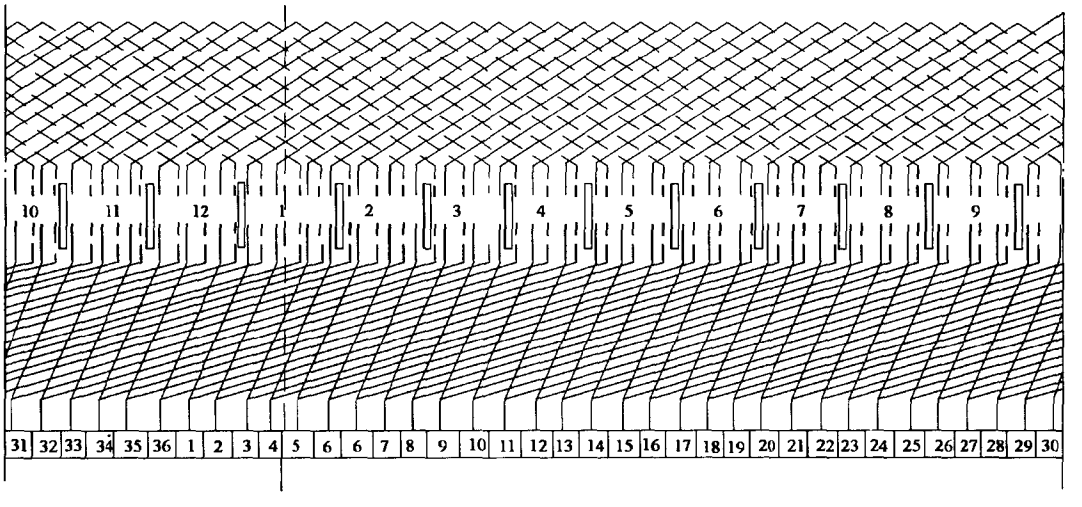
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=12$
换向片数：$K=36$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=-1\quad 2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－218　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(1)



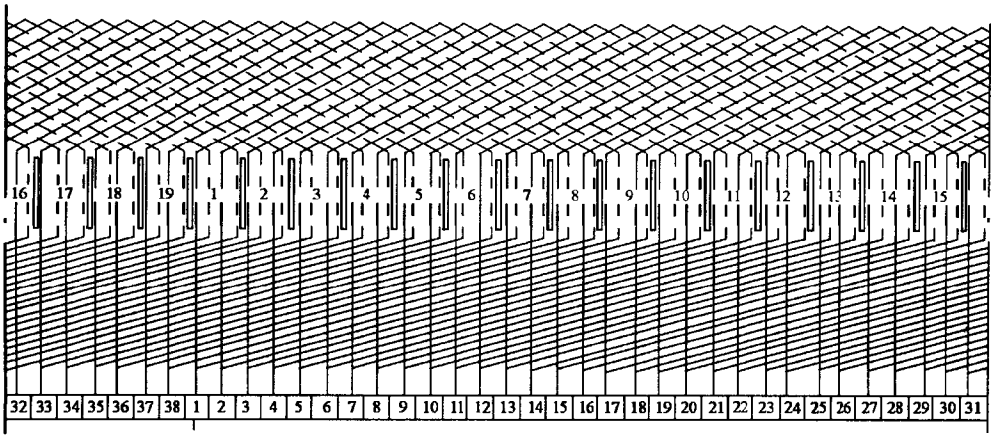
绕组元件以始槽为基准,1 号元件的线端偏左 1 片接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z=12$
换向片数:$K=36$	每槽元件数:$u=3$
换向器节距:$Y_K=1\quad 2$	槽节距:$Y=1\quad 6$

图 12－219　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(2)



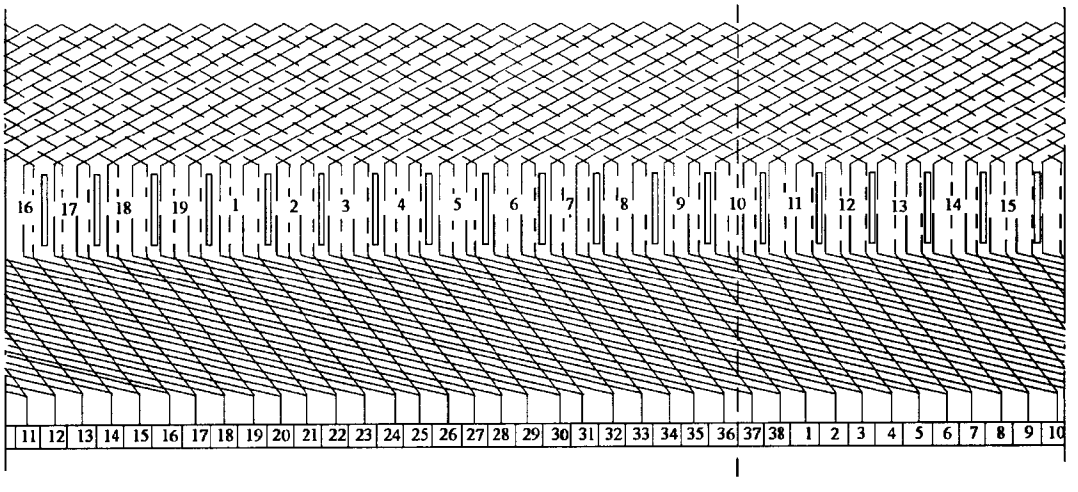
绕组元件以始槽为基准,1 号元件的线端偏左 3 片接入换向器	
极数:$2p=2$	槽数:$Z=12$
换向片数:$K=36$	每槽元件数:$u=3$
换向器节距:$Y_K=1\quad 2$	槽节距:$Y=1-6$

图 12－220　2 极 12 槽电枢绕组接线展开图(3)



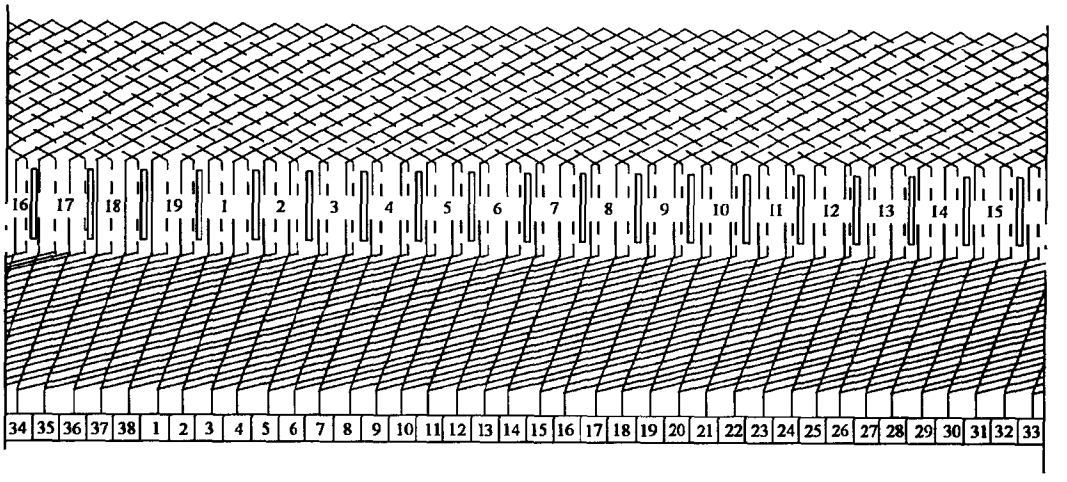
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=12$
换向片数：$K=38$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1\ \ 6$

图 12－221　2 极 19 槽电枢绕组接线展开图(1)



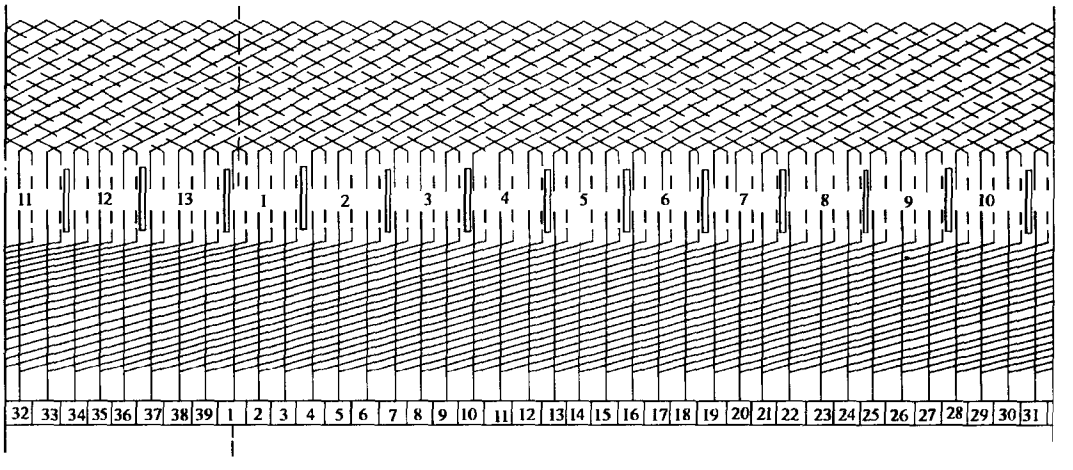
绕组元件以节距槽为基准，1 号元件的线端偏右 1 片半接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=19$
换向片数：$K=38$	每槽元件数：$u=2$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－222　2 极 19 槽电枢绕组接线展开图(2)



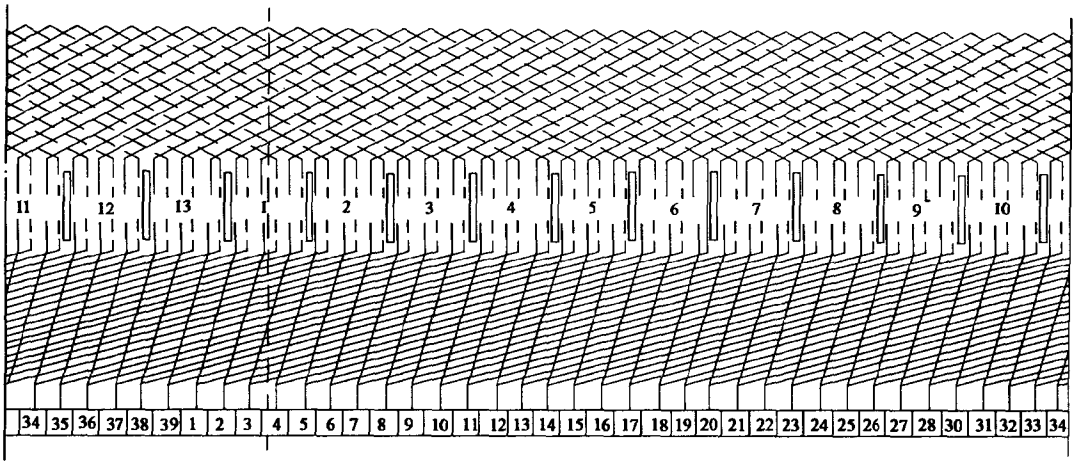
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端偏左 1 片半接入换向器	
极数：$2p = 2$	槽数：$Z = 19$
换向片数：$K = 38$	每槽元件数：$u = 2$
换向器节距：$Y_K = 1 \quad 2$	槽节距：$Y = 1 \cdot 6$

图 12－223　2 极 19 槽电枢绕组接线展开图(3)



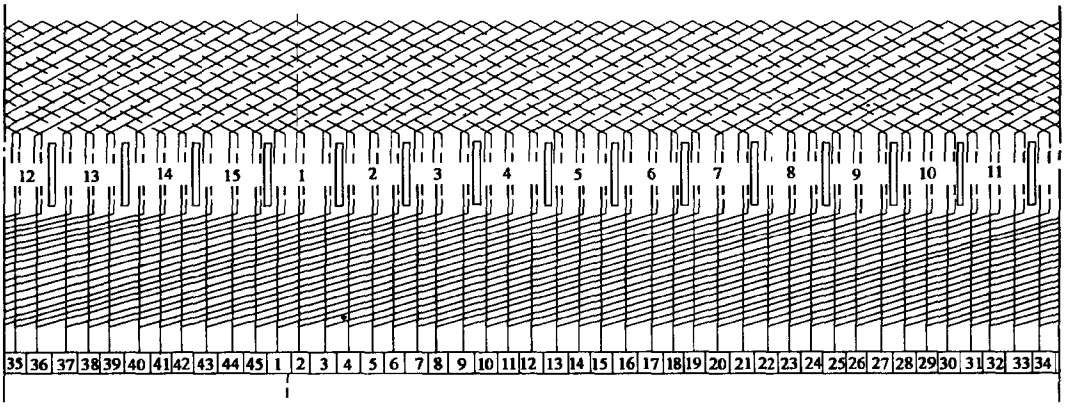
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p - 2$	槽数：$Z = 13$
换向片数：$K - 39$	每槽元件数：$u - 3$
换向器节距：$Y_K = 1 \quad 2$	槽节距：$Y \cdot 1 - 6$

图 12－224　2 极 13 槽电枢绕组接线展开图(1)



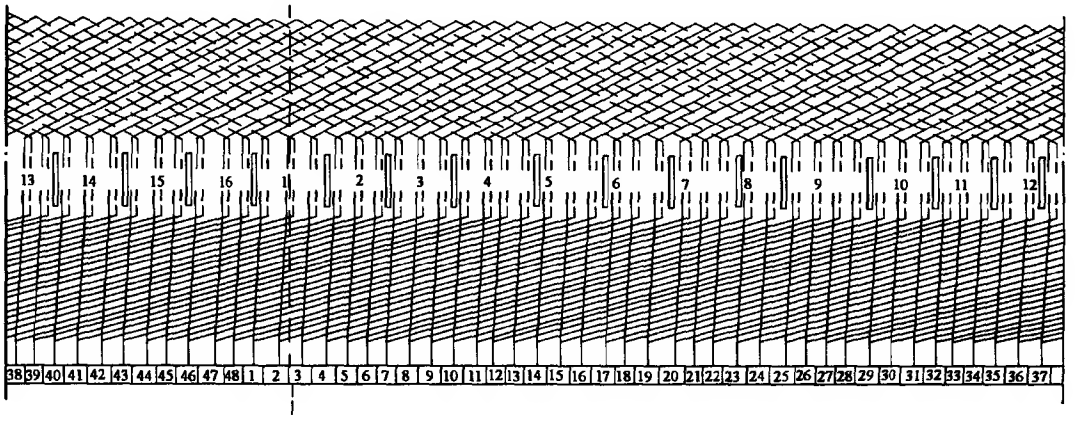
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端偏左2片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=13$
换向片数：$K=39$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-6$

图 12－225　2极13槽电枢绕组接线展开图(2)



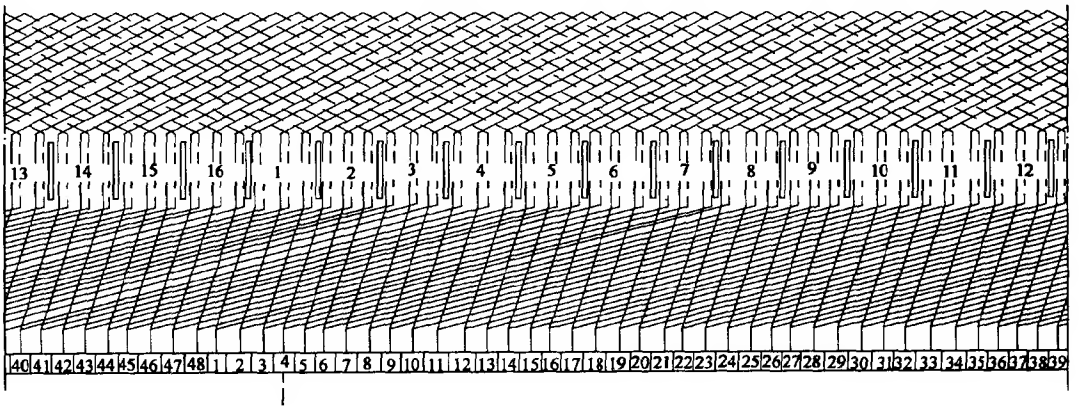
绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=15$
换向片数：$K=45$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-7$

图 12－226　2极15槽电枢绕组接线展开图



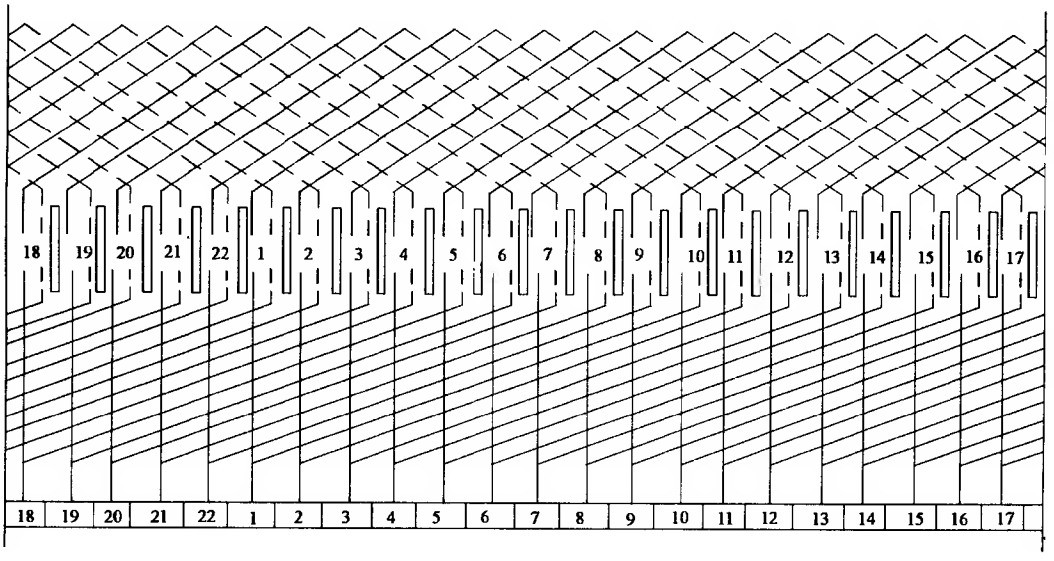
电枢为斜槽铁心，绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端偏左1片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=16$
换向片数：$K=48$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-8$

图 12－227　2极16槽电枢绕组接线展开图(1)



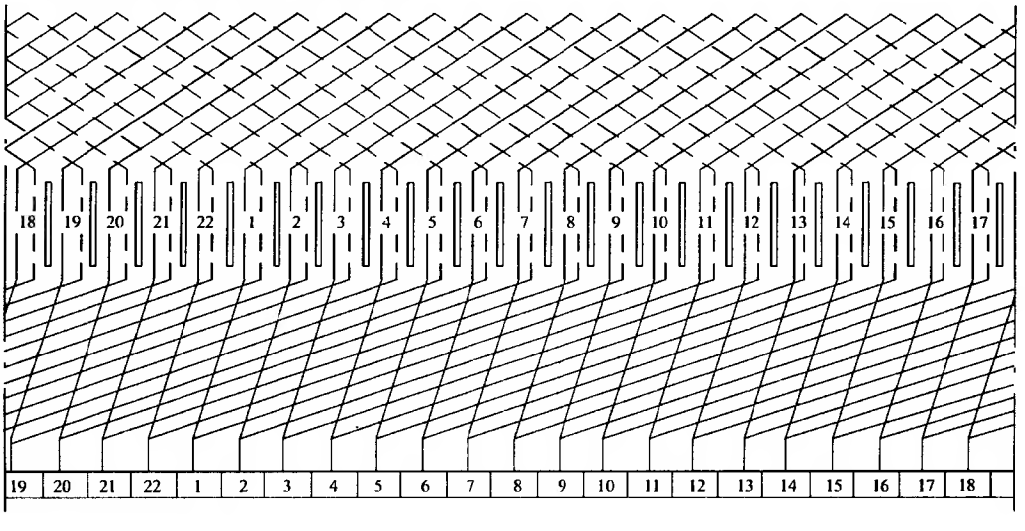
电枢为斜槽铁心，绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端偏左3片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=16$
换向片数：$K=48$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-8$

图 12－228　2极16槽电枢绕组接线展开图(2)



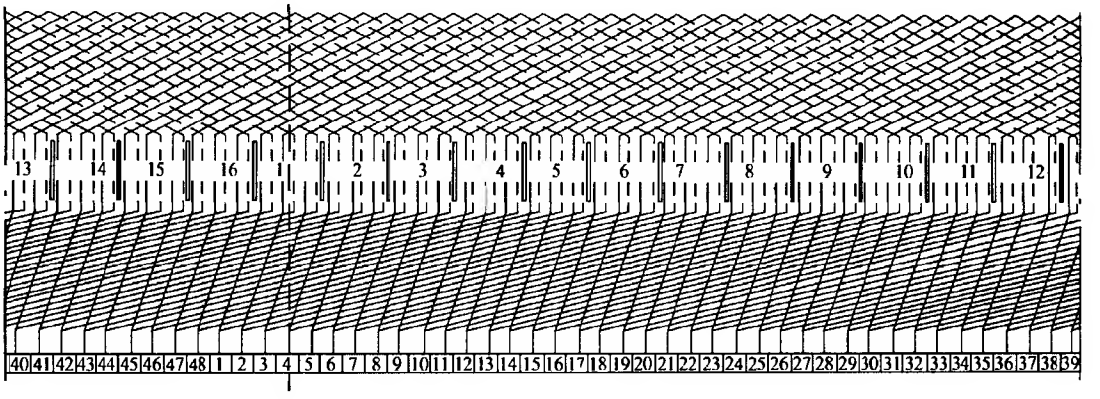
绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端正对槽中心线接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=22$
换向片数：$K=22$	每槽元件数：$u=1$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-11$

图 12－229　2 极 22 槽电枢绕组接线展开图(1)



绕组元件以始槽为基准，1 号元件的线端偏左 1 片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=22$
换向片数：$K=32$	每槽元件数：$u=1$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-11$

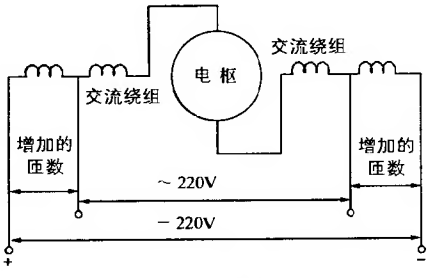
图 12－230　2 极 22 槽电枢绕组接线展开图(2)



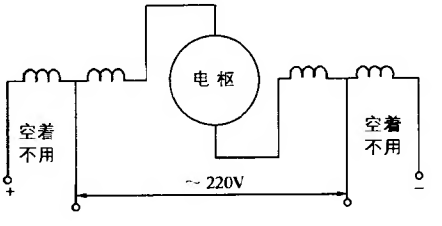
电枢为斜槽铁心，绕组元件以始槽为基准，1号元件的线端偏左3片接入换向器	
极数：$2p=2$	槽数：$Z=16$
换向片数：$K=48$	每槽元件数：$u=3$
换向器节距：$Y_K=1-2$	槽节距：$Y=1-8$

图 12－231　2极16槽电枢绕组接线展开图

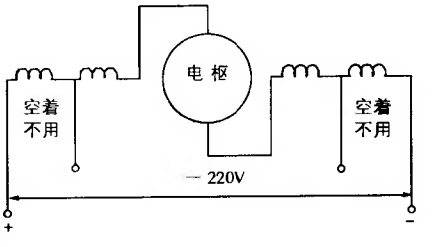
第12节　单相串励电动机绕组整机接线图



(a)增加的匝数通常串在交流绕组出线端



(b)用于交流电源时的接线图



(c)用于直流电源时的接线图

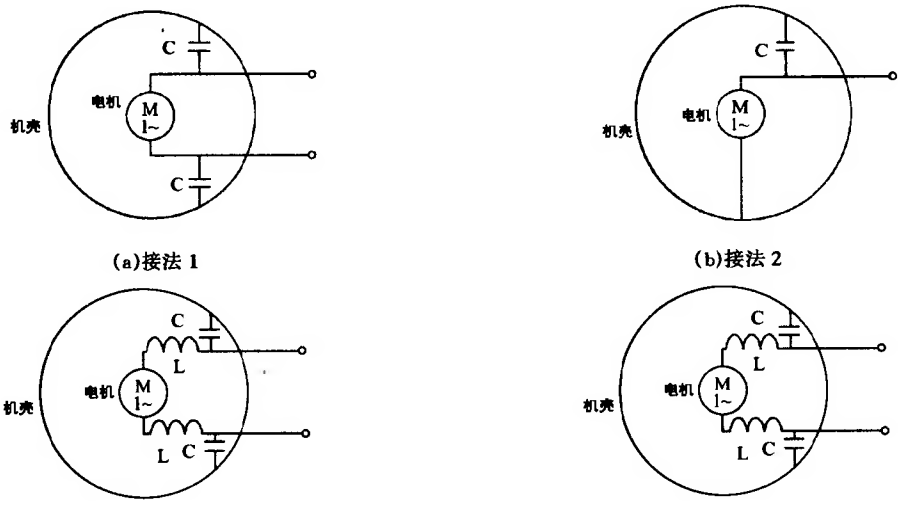
单相交直流两用串励式电动机的结构与直流串激式电动机基本相同。为了使交直流两用电动机在使用直流电源和交流电源时转速近似相等，则电动机在直流电源上时需增加励磁绕组匝数，以便增加磁通。通常增加的匝数串在交流绕组两侧线端，如图12－232(a)所示。

图 12－232　单相交直流两用串励式电动机绕组接线图

(a)长串励接法　　(b)短串励接法

图 12－233　单相串励式电动机绕组接线原理图

图 12－233(a)接法产生较大干扰信号，图 12－233(b)则由于两个定子绕组分别接在两个电刷边，干扰信号受到控制，故传播出去的信号就大为减小了。



(a)接法 1　　(b)接法 2

(c)接法 3　　(d)接法 4

图 12－234　电动工具用单相串励式电动机几种滤波电路的接线图

单相串励式电动机运行中产生很多高频电能，频率较低部分经电源线向外传播，形成对无线电源的干扰。图中所示为几种滤波电路，滤波电容 C 的容量一般约在 0.1～1μF 之间。图中(c)、(d)两图是采用电感、电容混合滤波的方式，其滤波效果更好，通常电感 L 的电感量约为 50～500H。